台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

2019台灣醫療院所空氣品質淨化研討會

醫療院所空氣品質安全環境與設備

報告單位：明志科技大學環境與安全衛生工程系
報告人員：洪明瑞博士

報告日期：中華民國108年03月15日

2019台灣醫療院所空氣品質淨化研討會

會議議程

時間	活動內容
12:30～13:20	報到
13:20～13:30	開幕式 主講人：沈世宏（台灣空氣品質健康安全協會理事長）
13:30～14:00	■空氣品質與醫療院所評鑑 主講人：楊志良（前衛生署署長）
14:10～14:40	■空氣品質監管政策、成效與未來措施 主講人：吳盛忠（行政院環保署空保處處長）
14:40～15:00	中場休息
15:00～15:30	■醫療院所室內空氣品質管理成果與展望 主講人：劉銘龍（台北市環保局局長）
15:40～16:10	■醫療院所室內空氣品質自主管理與感染防護 主講人：林欣榮（花蓮慈濟醫院院長）
16:10～16:20	中場休息
16:20～16:50	**■醫療院所空氣品質安全環境與設備** **主講人：洪明瑞（明志科技大學環境與安全衛生工程系教授）**
16:50～17:20	■雙向交流 主持人：洪明瑞（明志科技大學環境與安全衛生工程系教授）

醫療院所空氣品質安全環境與設備

目錄

壹、引言(人類面對的公衛問題與挑戰).....04

貳、醫療院所潛在的空氣品質問題.....24

參、醫院空氣品質安全環境與設備免疫綜合技術.....43

肆、結語與建議.....79

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

壹、人類面對的公衛問題與挑戰

1-1 粒狀污染物($PM_{2.5}$、PM_{10}、超細微粒)

1-2 微生物(細菌、病毒、超級細菌)

1-3 潔淨與免疫生活

- 人流感(H1N1、H2N2、H3N2…)
- 禽流感(H5N1、H5N2、H7N7、H9N2、H7N9…)
- 建築物症候群(SBS、BRI、MSC…)
- 工業開發與氣候因素(砂塵暴、霾害、光煙霧…)
- 溫室與熱島效應……..等

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆人類面對的兩大迫切公衛問題

- 粒狀污染物($PM_{2.5}$、PM_{10})
- 微生物(細菌、病毒)

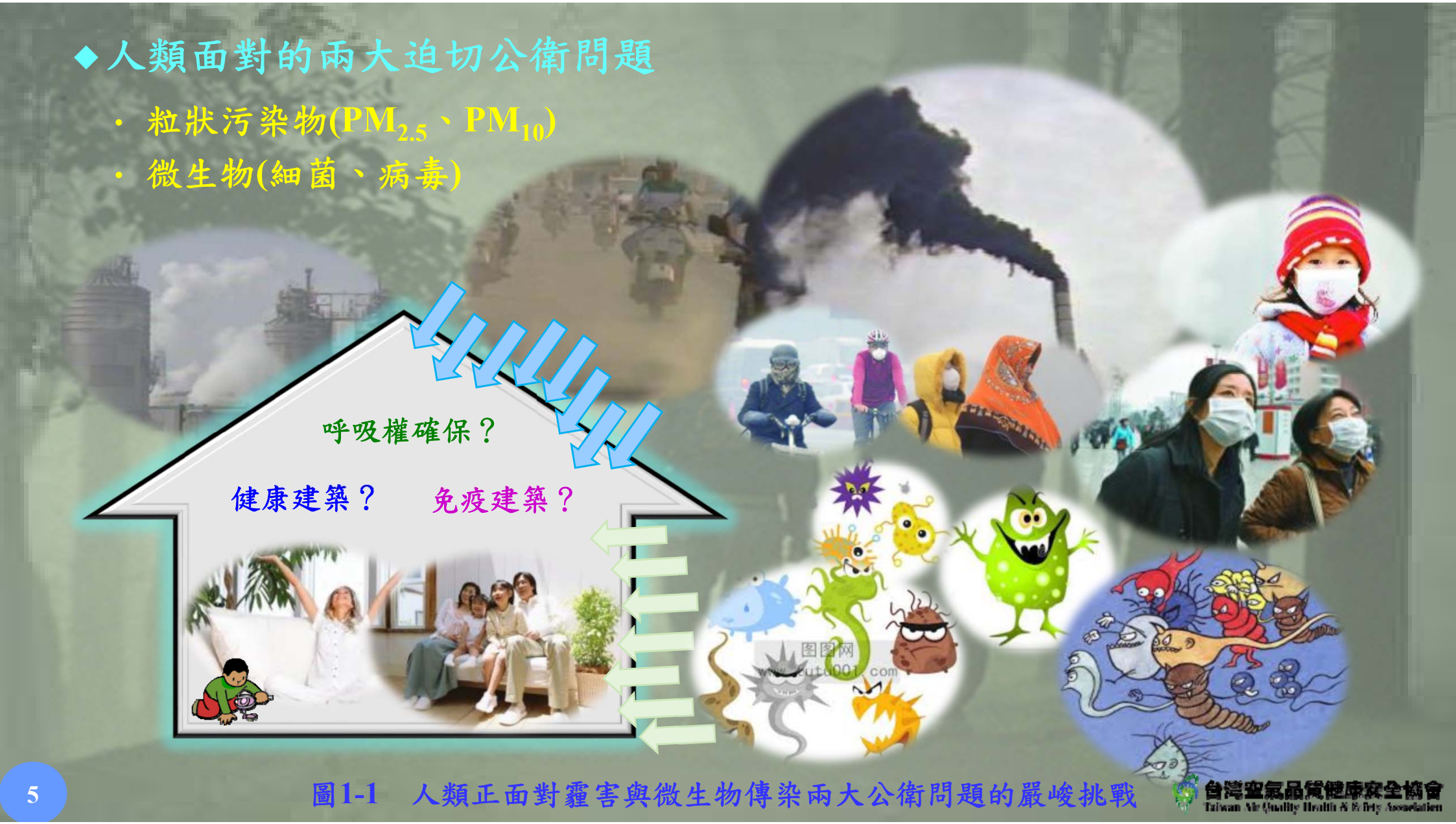


圖1-1　人類正面對霾害與微生物傳染兩大公衛問題的嚴峻挑戰

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

1-1 粒狀污染物($PM_{2.5}$、PM_{10}、超細微粒)

圖1-1.1 世衛組織(2017)指出全球92%的人無法呼吸到安全的空氣

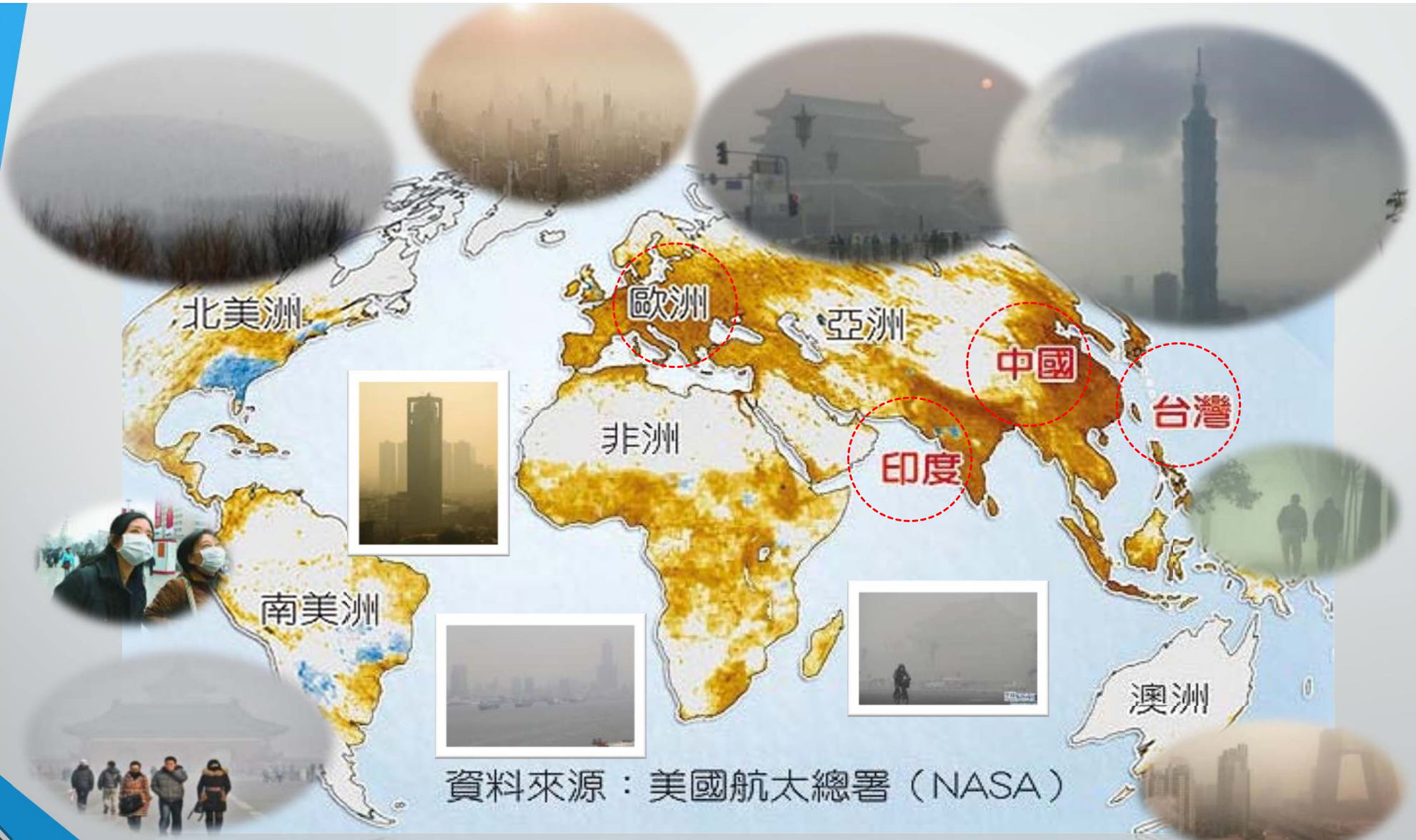


圖1-1.2　NASA 2014年公布全球空污早死地圖(210萬人/年)

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

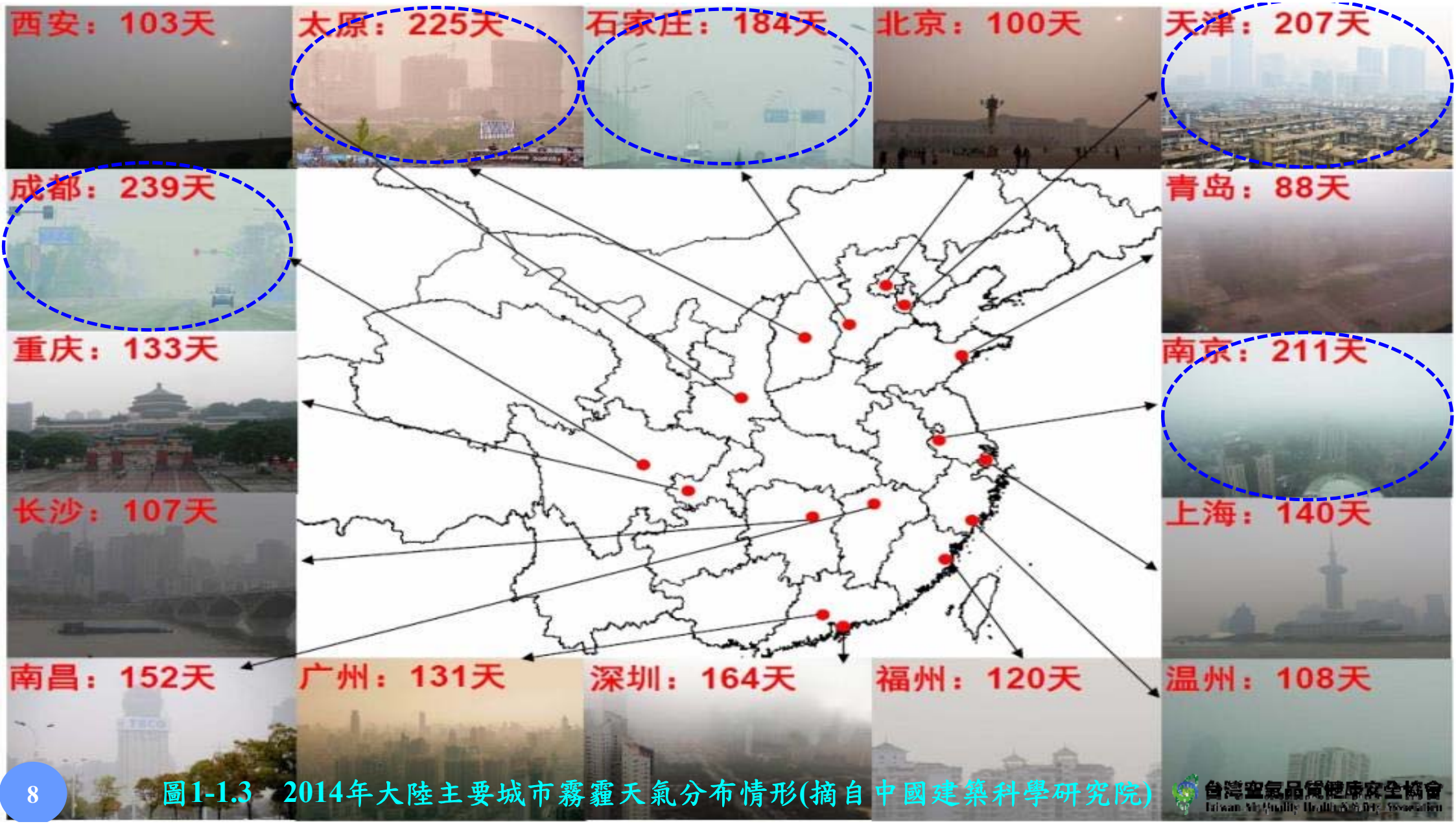


圖1-1.3　2014年大陸主要城市霧霾天氣分布情形(摘自中國建築科學研究院)

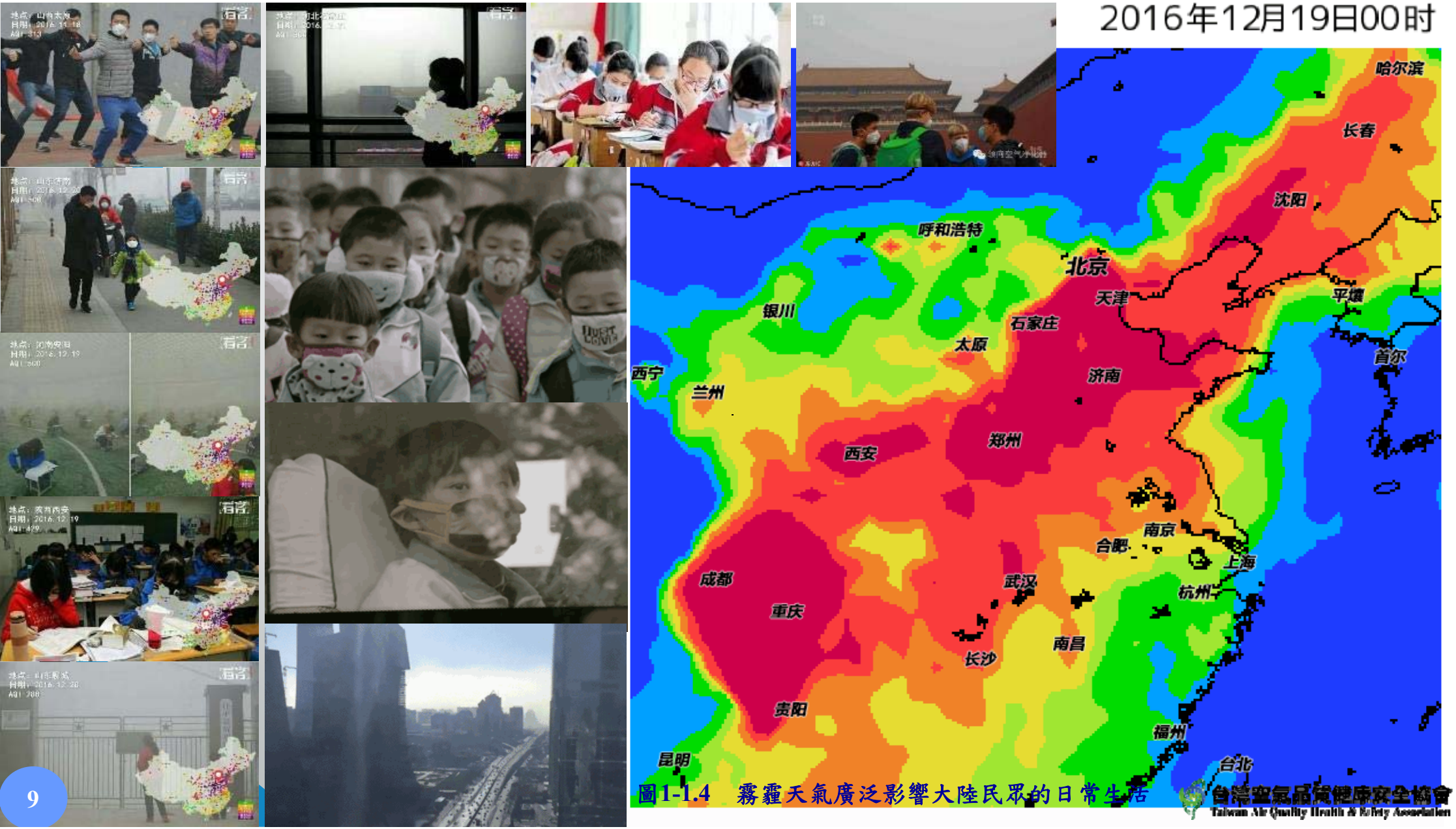


圖1-1.4　霧霾天氣廣泛影響大陸民眾的日常生活

圖1-1.5　新的世界霧都——印度首都新德里

圖1-1.6　亞洲部分國家近年來的大氣狀況

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

圖1-1.7　誰偷走了我們的呼吸權——寶島台灣

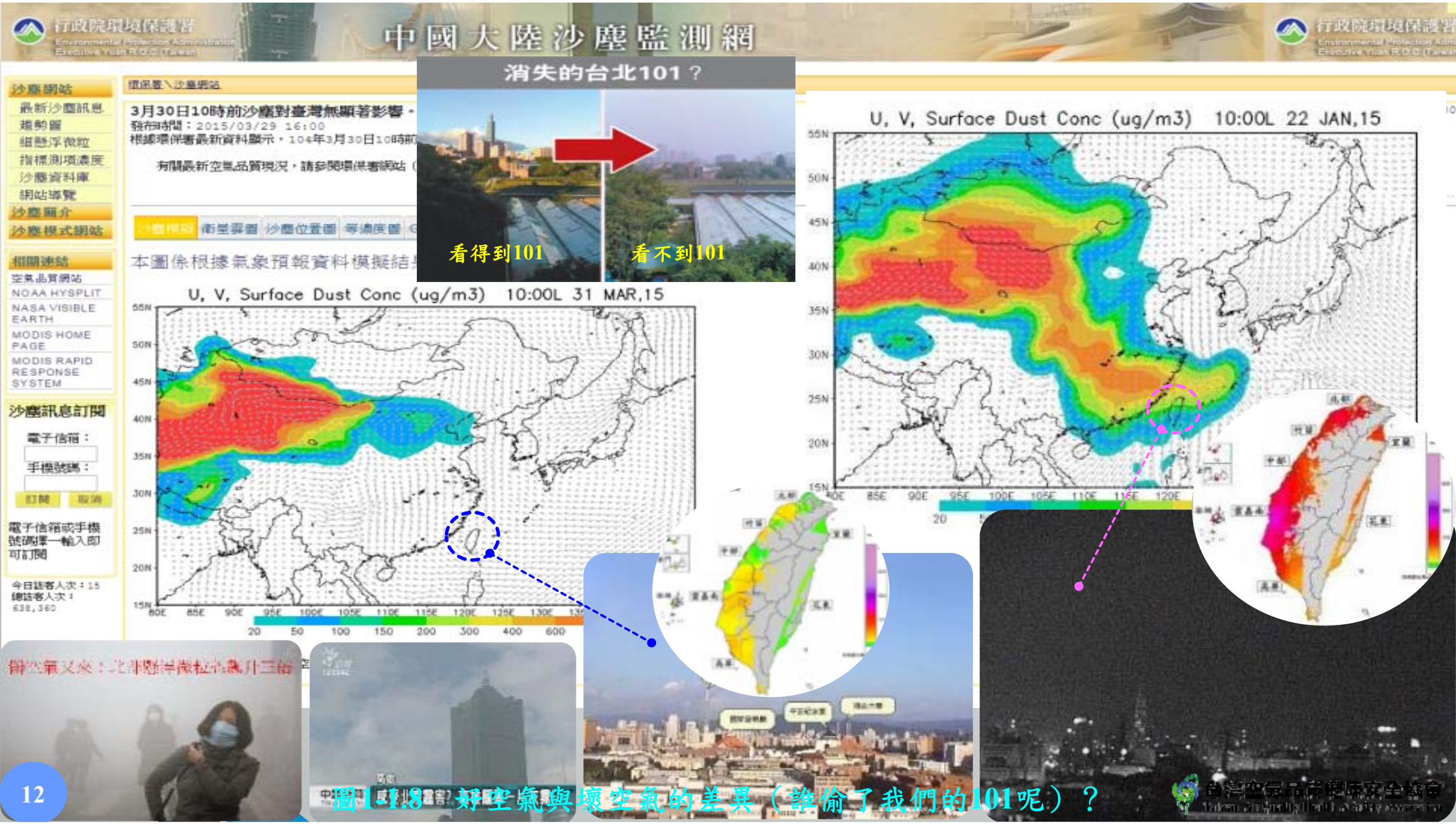
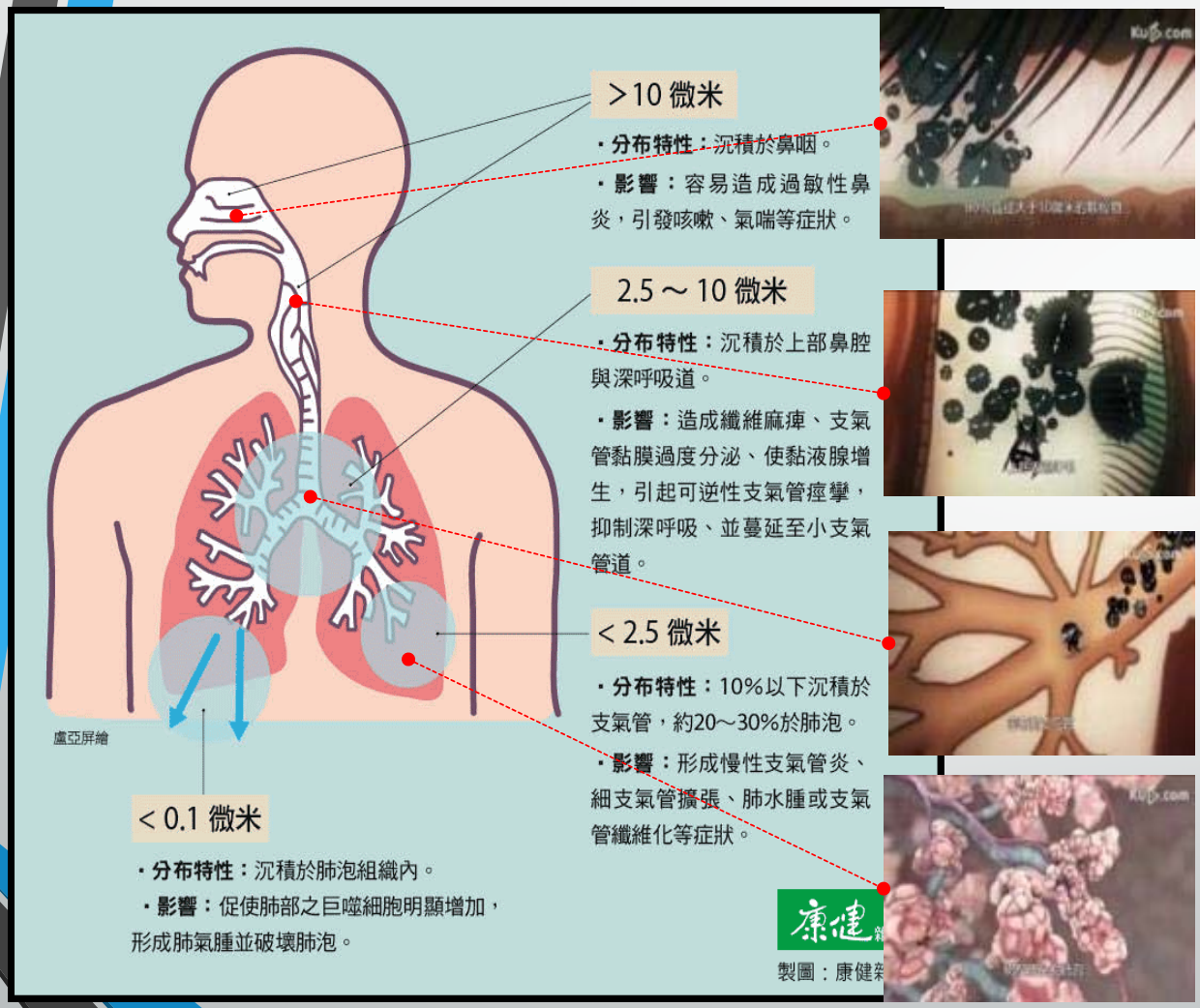


圖11.8 好空氣與壞空氣的差異（誰偷了我們的101呢）？

◆ 粒狀空氣污染物的健康效應？

- DEADLY BUSINESS asbestos disease victims
- http://www.hazards.org/asbestos/
- graphic illustrating asbestos exposure
- http://www.ohiotoxicmold.com/asbestos.htm



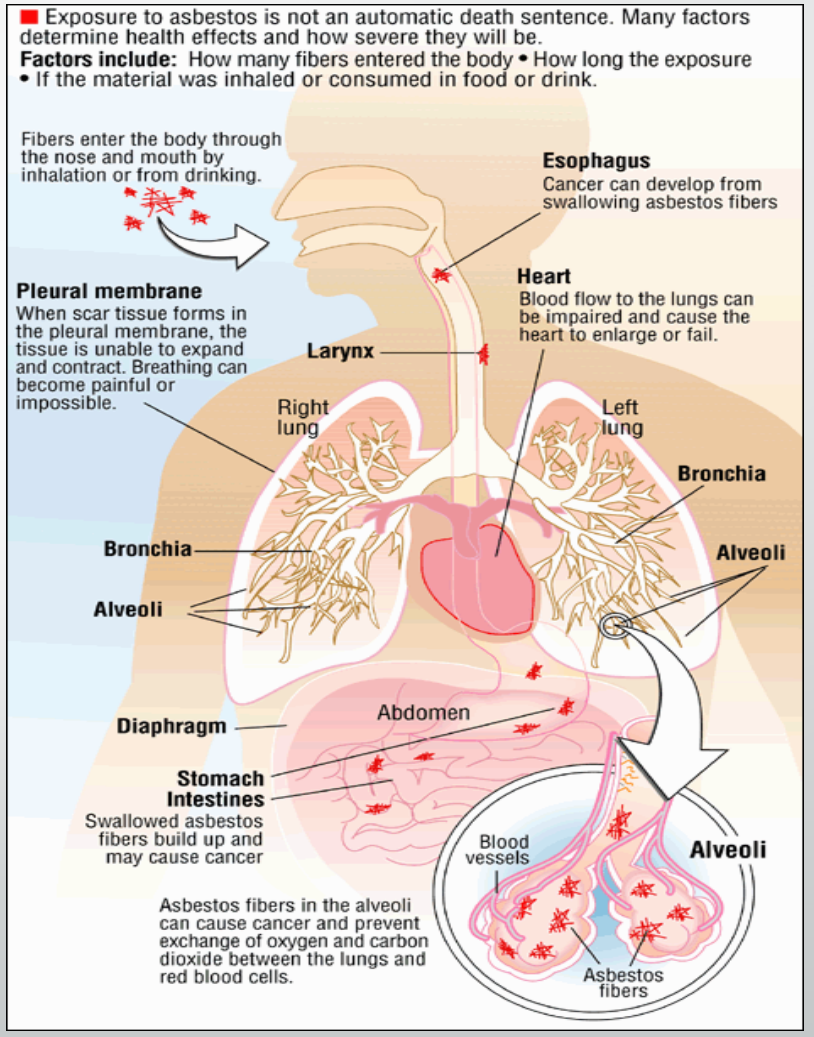


圖1-1.9 $PM_{2.5}$與PM_{10}之沉積行為

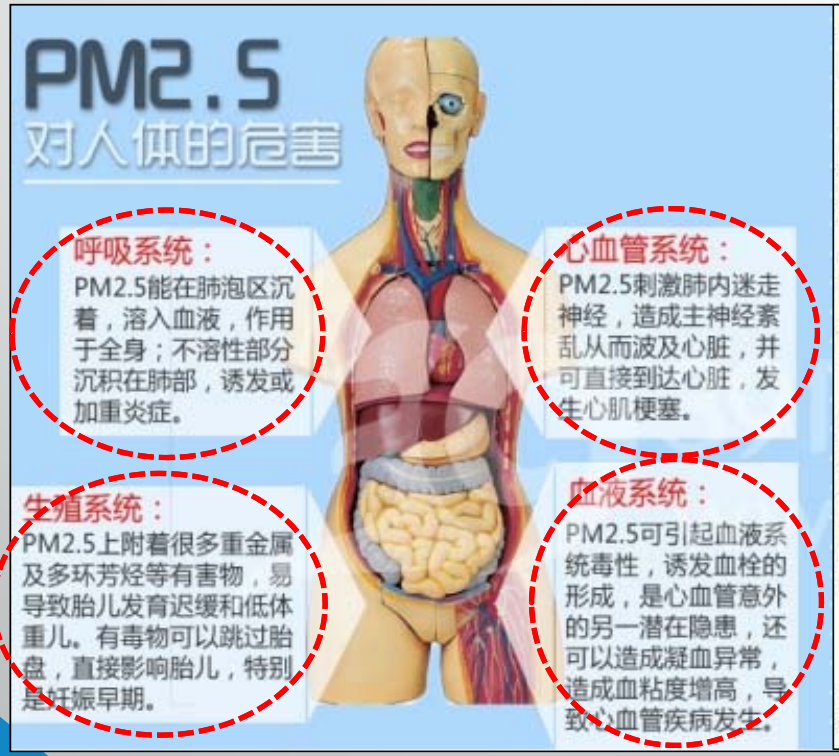
台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆ 世界各國近年來之研究均已充分證實$PM_{2.5}$與PM_{10}濃度與呼吸系統、心血管系統、生殖系統、血易系統等疾病息息相關。

◆ 歐美國家流行病學研究顯示，$PM_{2.5}$每增加10μg/m³日吸入量：(1)當日死亡率增加1.5%；(2)頑固性肺病死亡率增加3.3%；(3)局部缺血性心臟病死亡率增加2.1%；(4)嬰兒早產死亡率增加1.0%；(5)罹患肺癌的危險增加8%；(6)心肺疾病死亡率增加6.0%；(7)所有死亡率增加4.0%

◆ **歐盟國家之統計資料，$PM_{2.5}$導致人們平均壽命減少8.6個月。**

◆ 美國心臟協會估計，每年因$PM_{2.5}$污染導致約60,000人死亡。



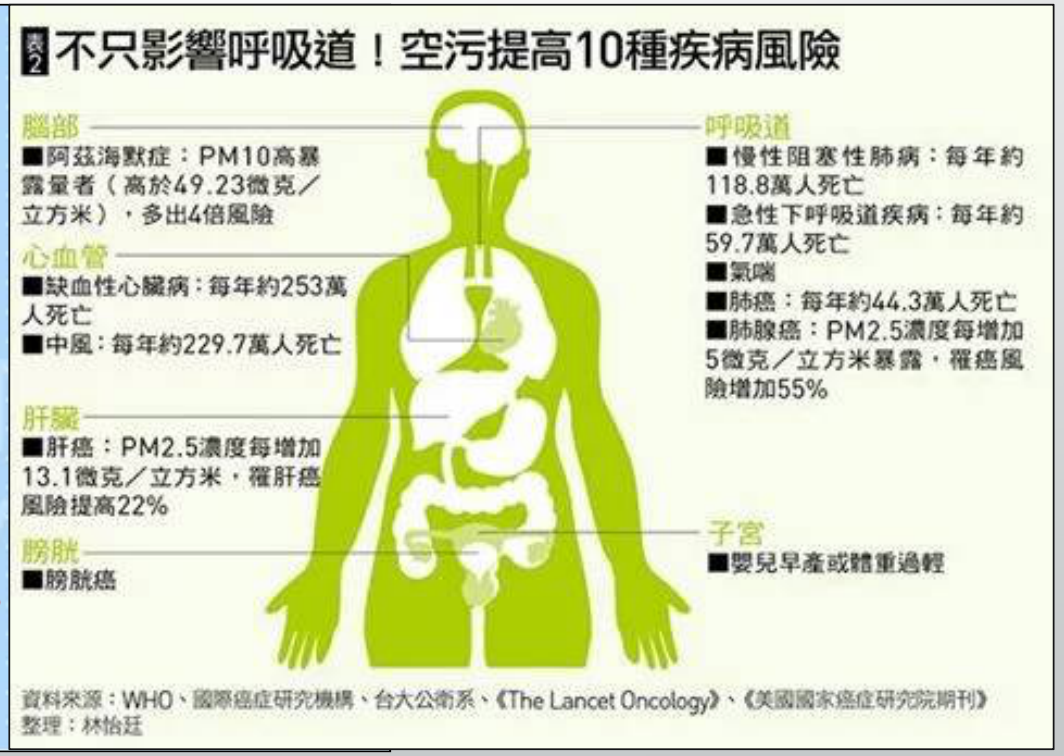


圖1-1.10　粒狀污染物對健康之主要危害

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

不要誤以為只是職業病？慢性病？……！

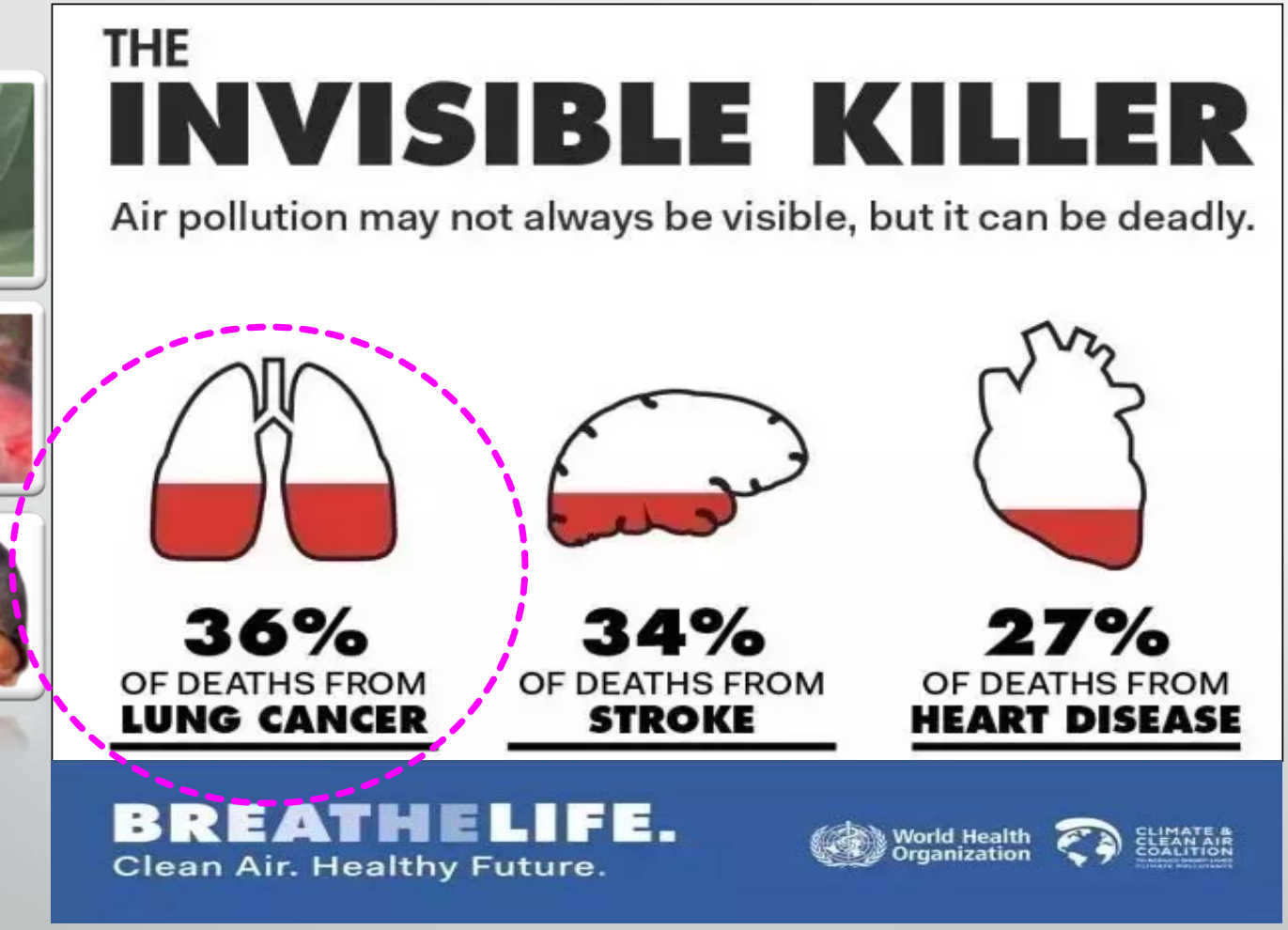
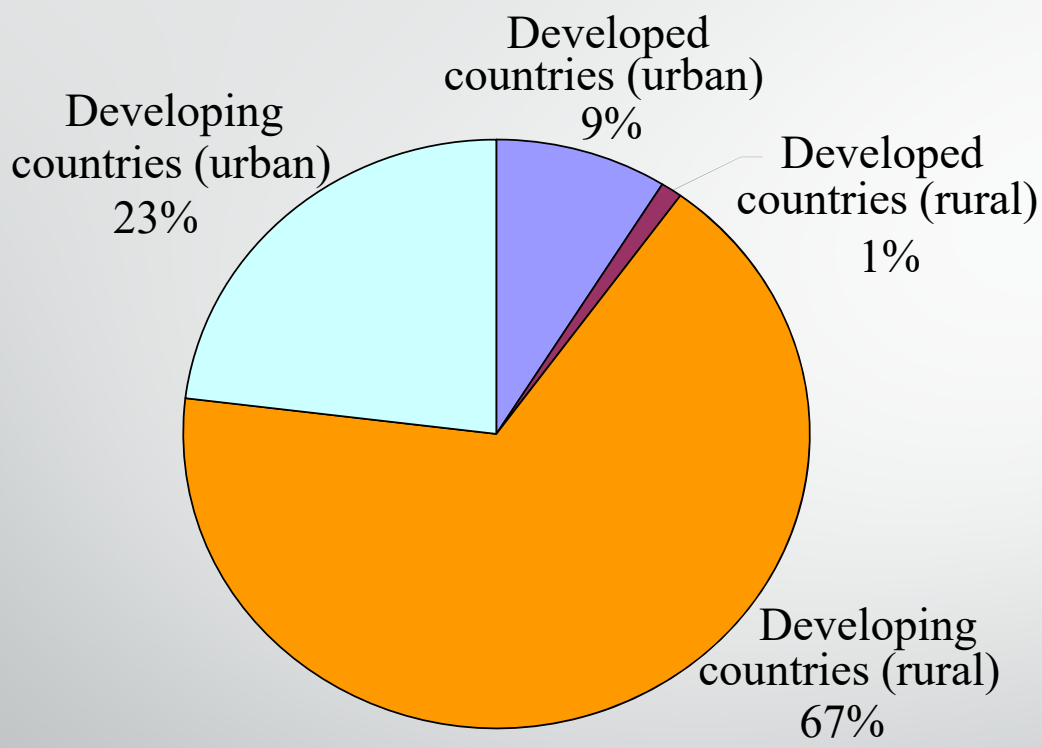
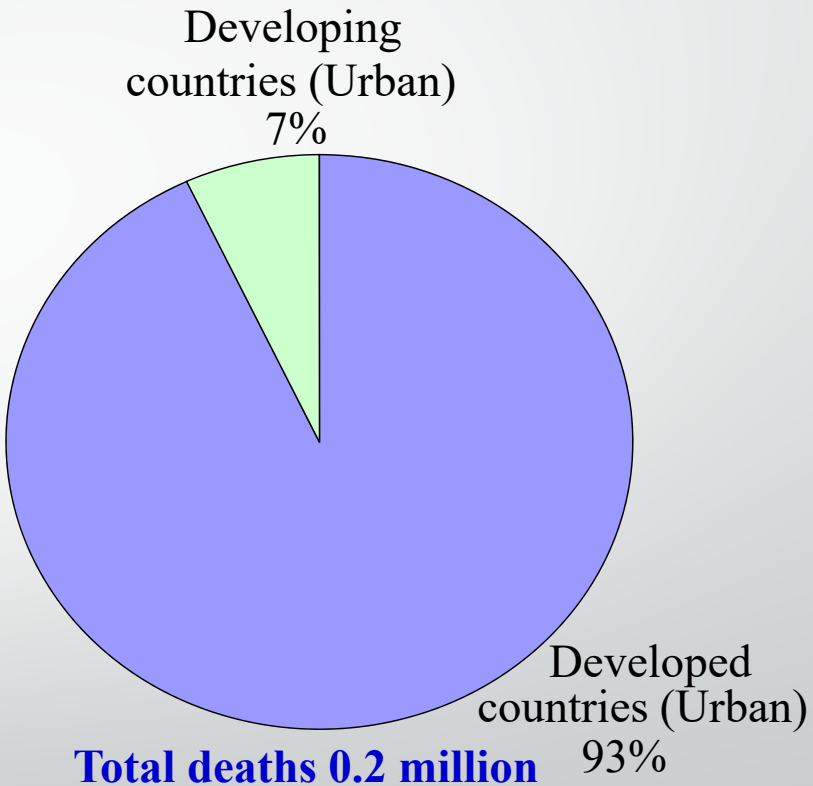


圖1-1.11　世衛組織(2017)指出空氣污染物的健康效應

Estimated annual deaths due to indoor and outdoor pollution exposure(WHO, 2000)



Total deaths 2.8 million (indoor exposure)



Total deaths 0.2 million (outdoor exposure)

圖1-1.12　WHO(2000)統計導因室內、外污染暴露之年死亡情形

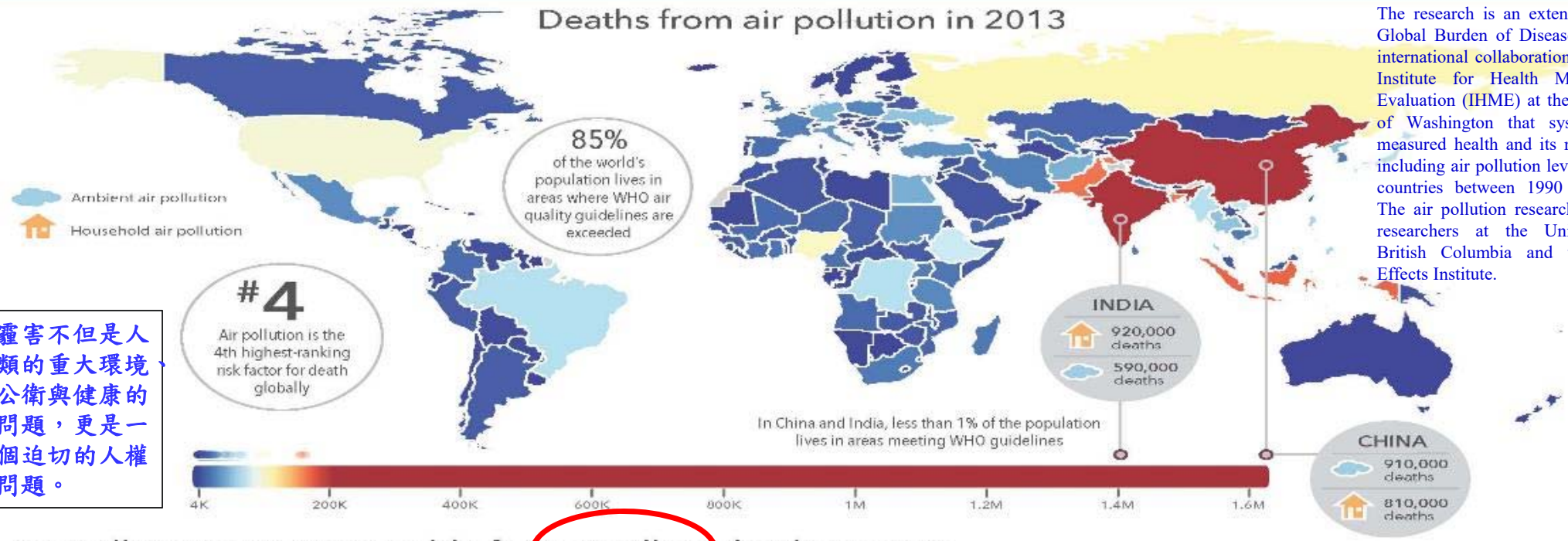
台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

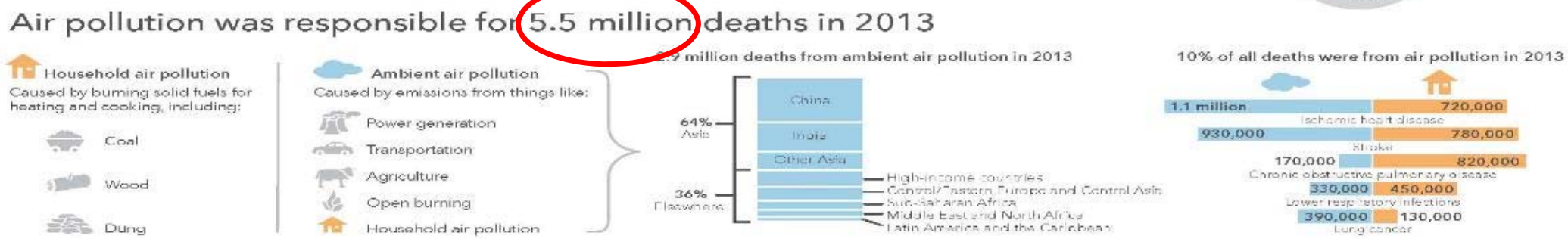
Global Burden of Air Pollution

華盛頓大學健康指標與評估研究所(IHME)

The research is an extension of the Global Burden of Disease study, an international collaboration led by the Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) at the University of Washington that systematically measured health and its risk factors, including air pollution levels, for 188 countries between 1990 and 2013. The air pollution research is led by researchers at the University of British Columbia and the Health Effects Institute.

◆霾害不但是人類的重大環境、公衛與健康的問題，更是一個迫切的人權問題。





Source:
1. Lozano R, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioral, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. The Lancet. 2015 Dec 5;386(10010):2287-323.
2. Brauer M, et al. Ambient air pollution exposure estimation for the Global Burden of Disease 2013. Environmental Science & Technology. 2016 Jan 5;50(1):79-8

http://www.healthdata.org/infographic/global-burden-air-pollution

圖1-1.13　IHME(2013)指出空氣品質差導致全球每年造成550萬人死亡

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

1-2 微生物(細菌、病毒、超級細菌)

圖1-2.1　人類須經常性地面對禽流感的潛在威脅(一)

- 根據核蛋白的抗原性分類，禽流感病毒則屬甲型流感病毒，甲型流感病毒是根據位於其套膜上的血凝素及神經氨酸酶的抗原性分為若干亞型，**血凝素(H)有15個亞型**；**神經氨酸酶(N)有9個亞型**。所有的這些亞型都可以感染鳥，在禽類中高致病性的屬於H5、H7亞型。典型的雞禽流感病毒是H7N7，造成1983年、1984年在美國東部大流行的是H5N2。
- 目前東南亞地區出現的人類感染是H5N1型。1997年發現的H5N1型毒株被認定是當時流行性感冒的病源。1999年香港出現過H9N2型禽流感的人類感染。2003年荷蘭出現過H7N7型禽流感的人類感染。2006年1月美國出現H3N2。2013年3月中國出現H7N9。

圖1-2.2　人類須經常性地面對禽流感的潛在威脅(二)

圖1-2.3　人與細菌之戰爭導致 超級細菌之反撲

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

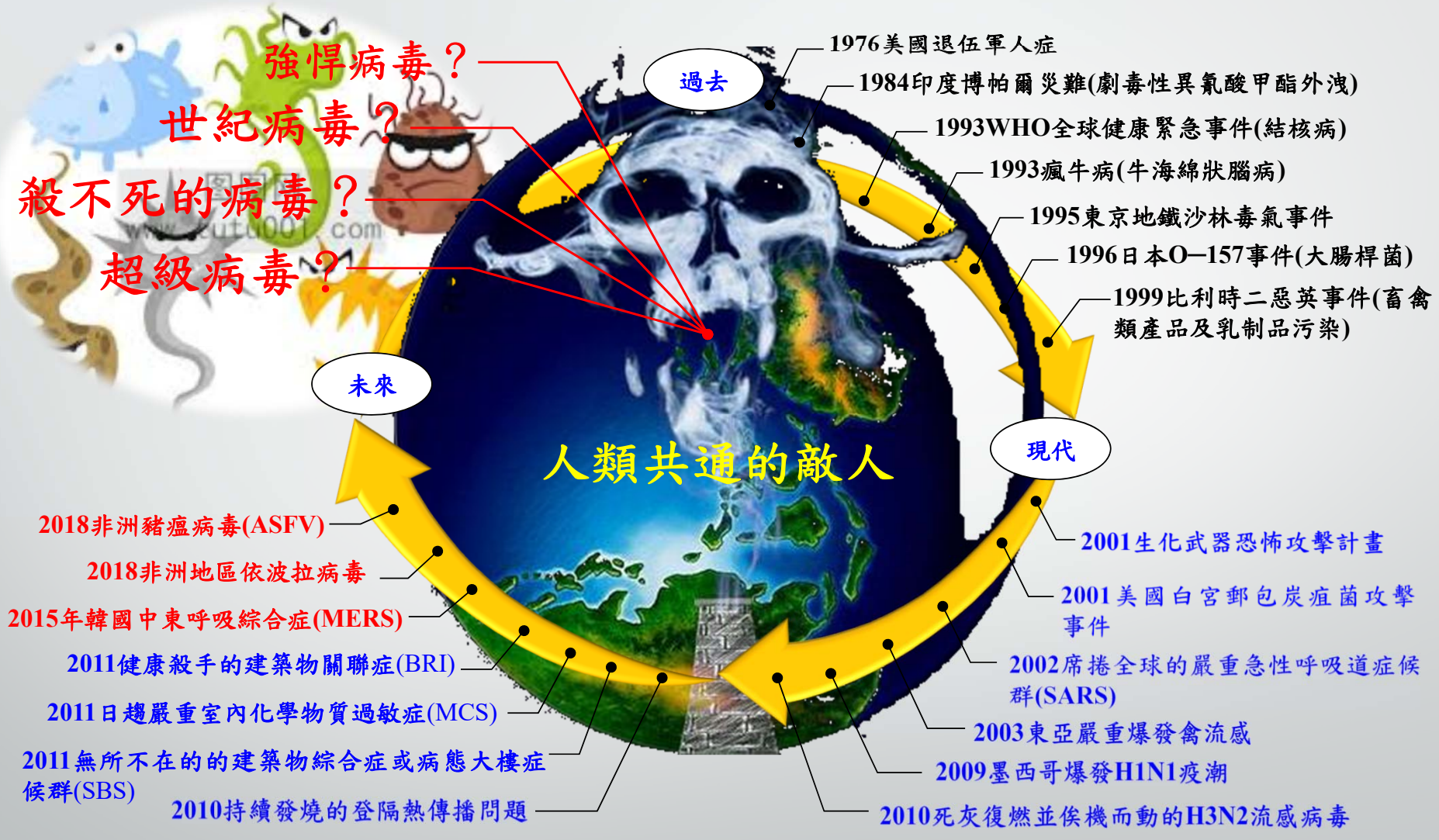


圖1-2.4　人類近四、五十年來的重大公衛問題與未來共通的敵人

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

1-3 潔淨與免疫生活

面對迫切公衛問題的挑戰，
人類該何去何從?

發展與建構

- 綠色循環經濟
- 清潔生產製程
- 潔淨免疫生活

的社會，已成為人類邁向「永續環境」與「永續生存」的主要途徑

圖1-3.1　人類邁向永續環境與永續生存的主要途徑

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

圖1-3.2　潔淨防疫產業已成為人類永續生存的必然趨勢

貳、醫療院所潛在的空氣品質問題

2-1 醫院之先天建築格局與後天使用特性

2-2 室內空氣污染物的型態與來源

2-3 醫院主要的空氣污染物

2-1 醫院之先天建築格局與後天使用特性

先天建築格局

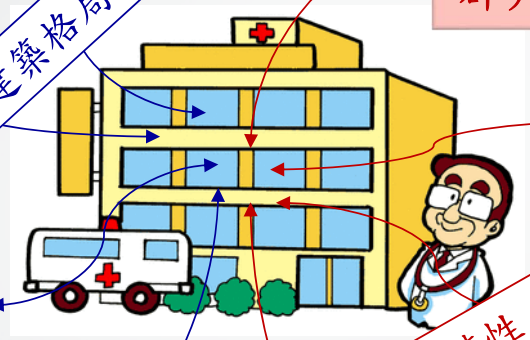
動線複雜且隔間密集，先天上屬於不利於通風換氣的建築格局

基於節能減碳目的或經常性維修與管路複雜等因素，後天的法訂通風換氣量普遍不足

中央空調系統(AHU、FCU等)伴隨個別空調，混用組成且多元，徒增日常維護管理上的複雜性與困擾

空調系統老舊或未能配合人流使用現況調整所需容量，通風換氣量一成不變

中央空調系統沒有定期進行清潔維護，會使空氣中的生物氣膠濃度增加，進而將具感染性的微生物散佈到建築物的每個角落



後天使用特性

進出人員龐雜，帶原者和易感受性者（如老人、小孩、免疫力不佳等敏感族群）共處一室，很容易造成交叉感染

短時間內湧入大量看診民眾且聚集於相對狹小的密閉空間內

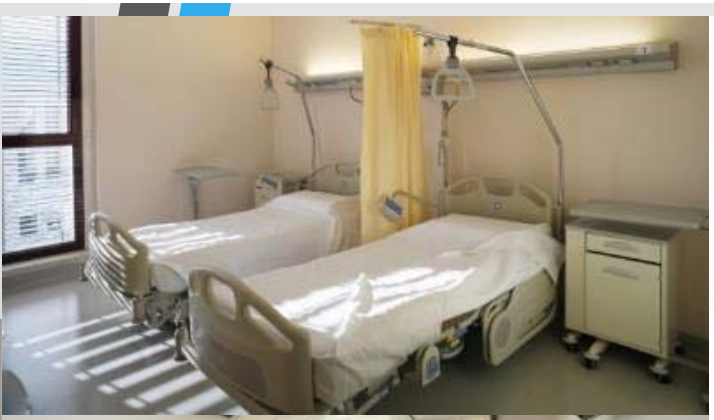
具感染力的病患出入頻繁，空氣中經常充斥著各種傳染性微生物，很容易造成員工因吸入病原菌而產生職業暴露及感染

是各類傳染性疾病暴露的高風險場所，特別是藉由空氣或飛沫傳播的呼吸道疾病。

大部分醫療照護相關感染是經由人與人接觸而造成，但越來越多證據顯示空氣及飛沫傳播亦是造成院內感染的重要途徑

圖2-1.1　醫療院所先天建築格局與後天使用特性

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association



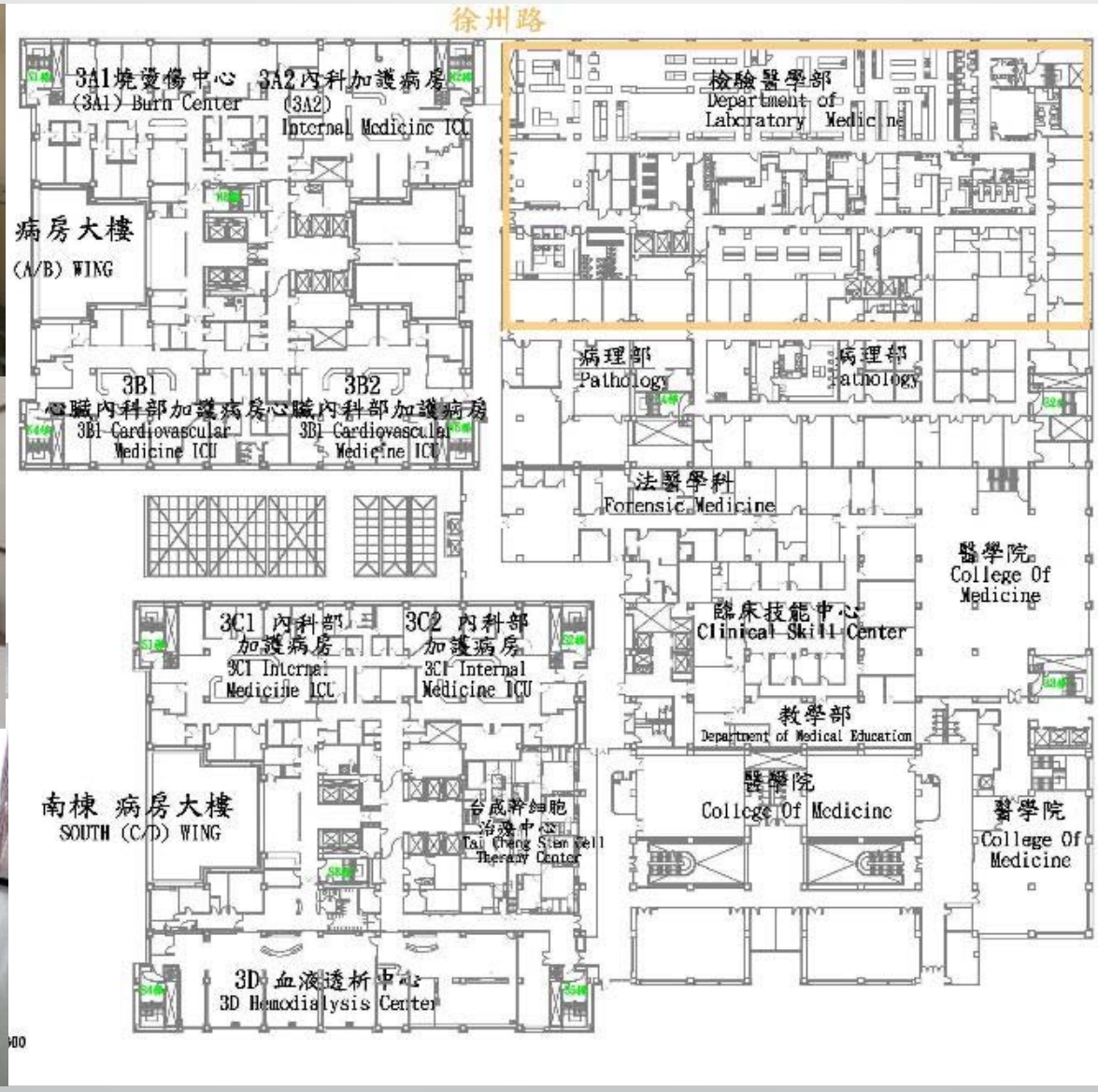


圖2-1.2 醫療院所為一動線複雜且隔間密集而不利於通風換氣的建築格局

表2-1.1　建築技術規則有關機械通風量需求之規定

房間用途		樓地板面積每平方公尺所需通風量(立方公尺／小時)	
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者		8	8
辦公室、會客室		10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室		12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者		**15**	**15**
展覽陳列室、理髮美容院		12	12
百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、灰塵較少之工作室、印刷工場、打包工場		15	15
吸煙室、學校及其他指定人數使用之餐廳		20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館		25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席		75	75
廚房	營業用	60	60
	非營業用	35	35
配膳室	營業用	25	25
	非營業用	15	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於15平方公尺之發電或配電室		—	10
茶水間		—	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映機室		—	20
公共浴室或廁所，可能散發毒氣或可燃氣體之作業工場		—	30
蓄電池間		—	35
汽車庫		—	25

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

- 對於工作場所換氣量之要求，則採與工作場所之大小一併考量的觀點，依「職業安全衛生設施規則」第312條的規定，雇主對於勞工工作場所應使空氣充分流通，其換氣標準，如下表所示。

表2-1.2　不同作業場所應供給之新鮮空氣量基準

工作場所每一勞工所佔立方公尺數(m^3/人)	每分鐘每一勞工所需之新鮮空氣之立方公尺數(m^3/人•分)
未滿五・七(<5.7)	0.6以上
五・七以上未滿十四・二(5.7～14.2)	0.4以上
十四・二以上未滿二八・三(14.2～28.3)	0.3以上
二八・三以上(≧28.3)	0.14以上

- 美國採暖-製冷空調工程師學會(American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, ASHRAE)Standard 62.1-2010 訂定「可接受室內空氣品質之通風標準」(Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)。該標準的目的為：(1)最小通風率及其他室內空氣品質量測，可提供人們可接受的最小可逆健康影響之參考；(2)可以供未來新建築物、既有建築物的管理及應用；以及(3)提供既有建築物室內空氣品質改善指引。考量外氣引入口及排氣口最小距離、呼吸區域之外氣需求量、最小外氣引入量等等，並以室內面積、使用人數、單位面積外氣量、每人外氣量等參數考量下，評估各類型場所於不同狀況下，求得每人最小外氣需求量得以滿足室內空間使用人員供室內空調設計者參考。

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

- 換氣量影響室內空氣品質甚鉅，**ASHRAE Standard 62.1-2010**中直接**針對人員呼吸帶之新鮮外氣量加以規範**，其量值之計算包含**人員數**與**空間規模**所需新鮮空氣之要求，如下：

$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z \tag{2-1.1}$$

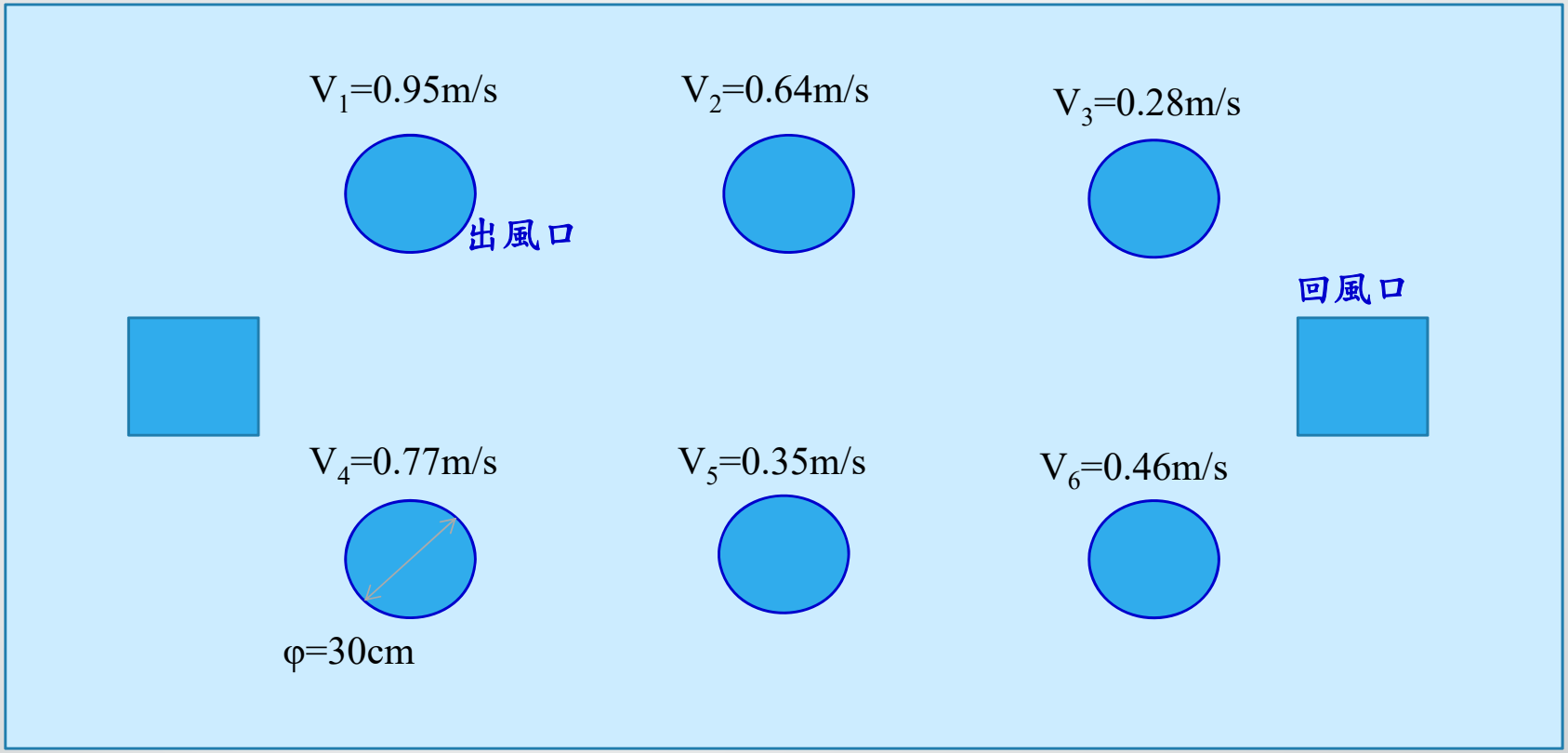
其中，V_{bz}：外氣供應量(L/s)；R_p：人員所需外氣率(L/s•person)；P_z：空間活動人數；R_a：空間所需外氣率（L/s•m^2）；A_z：空間樓地板面積。茲列舉ASHRAE Standard 62.1(2010)呼吸帶最小通風率規定，如下表所示。

表2-1.3　ASHRAE Standard 62.1(2007)呼吸帶最小通風率規定

場所分類	人員外氣需求量（R_p）		區域外氣需求量（R_a）		規範數值			空氣等級
					人員密度	混合外氣流量		
	cfm/人	L/s·人	cfm/ft^2	L/s·m^2	#/100 m^2	cfm/人	L/s·人	
辦公類建築								
辦公空間	5	2.5	0.06	0.3	5	17	8.5	1
接待區	5	2.5	0.06	0.3	30	7	3.5	1
總機區	5	2.5	0.06	0.3	60	6	3.0	1
入口門廳	5	2.5	0.06	0.3	10	11	5.5	1
教育設施								
托兒所（小於 4 歲）	10	5	0.18	0.9	25	17	8.6	2
幼兒病房	10	5	0.18	0.9	25	17	8.6	3
教室（5-8 歲）	10	5	0.12	0.6	25	15	7.4	1
教室（大於 9 歲）	10	5	0.12	0.6	35	13	6.7	1

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

- 法令的規定往往是基本的要求，就如同學生考試60分的概念。因此，通風換氣量連法令(意即60分及格)的基本要求都達不到，要期待有好的室內空氣品質，無異於緣木求魚？



送風量：$Q=\Sigma AV=0.07065(0.95+0.64+0.28+0.77+0.35+0.46)=0.244m^3/s=878.4m^3/hr$

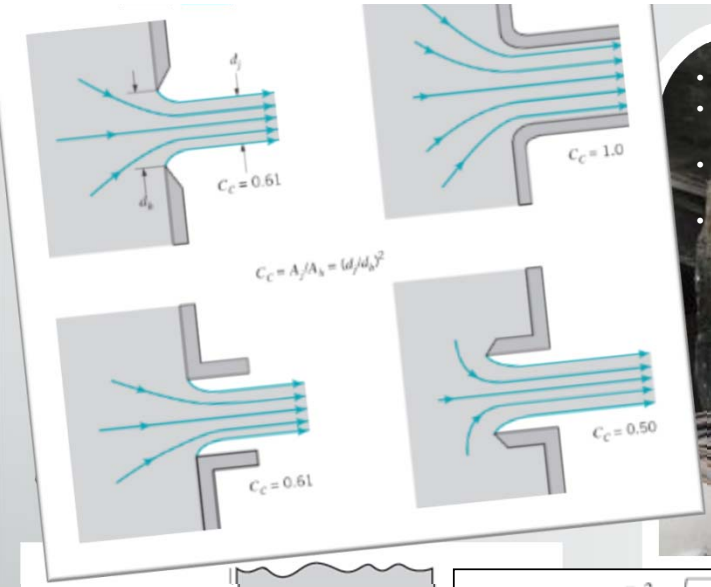
候診區室內樓地板面積：$FA=20\times15=300m^2$

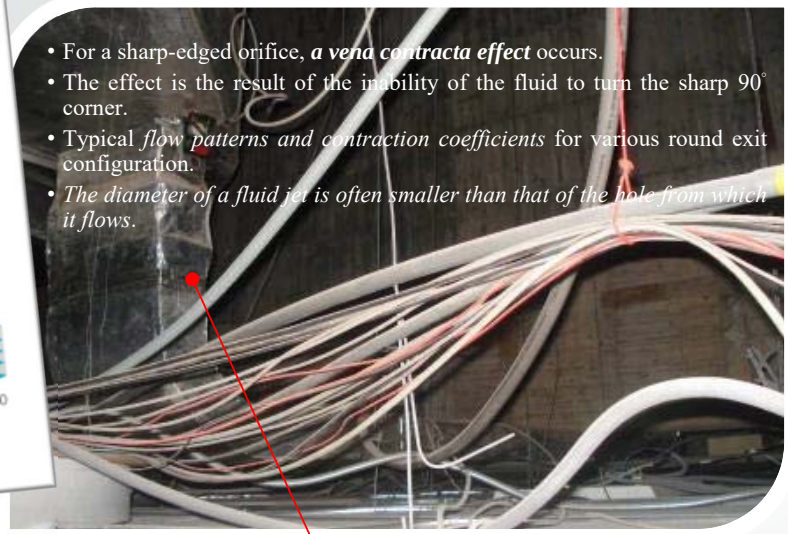
所以，樓地板面積每平方公尺所需通風量(m^3/hr)為：

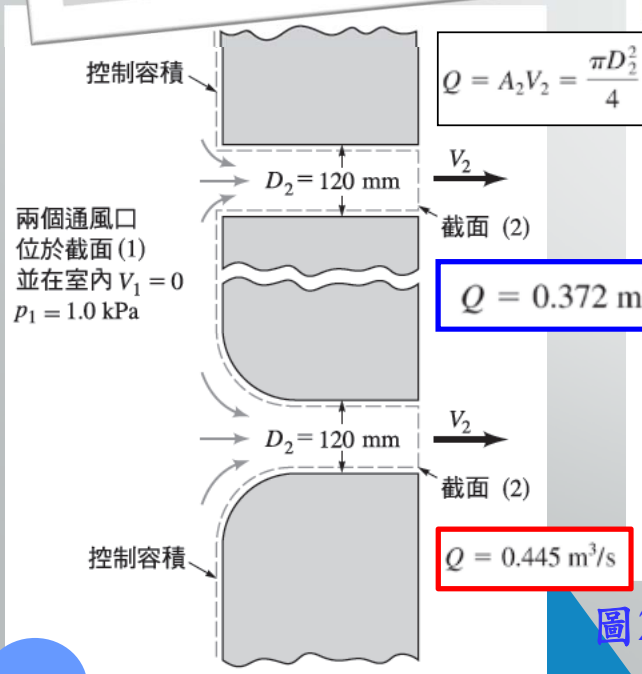
$878.4/300=2.928m^3/hr\cdot m^2 < 15m^3/hr\cdot m^2$

圖2-1.3　進行醫院法訂通風換氣量檢核發現有普遍不足的情形

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association







$$Q = A_2V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}\sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\rho[(1 + K_L)/2]}}$$

$Q = 0.372\ \mathrm{m^3/s}$

$Q = 0.445\ \mathrm{m^3/s}$

圖2-1.4　中央空調系統效率低、管線交錯、老舊、凌亂、冗長且縮流與損耗大

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

- 風管內部潮濕、陰暗且有大量的粉塵沉積(微生物的養份來源)，成為微生物或生物性氣膠(Microorganisms or biological aerosol)最容易滋長的溫床，可謂一棟建築物中最容易藏污納垢的地方，故應定期進行清潔維護作業(常見的有：**刷洗過濾除污技術**、**風刀除污技術**、**乾冰除污技術**等方式)，方能確保中央空調系統空調箱送出的新鮮或乾淨空氣免於空調風管的直接污染，降低透過空氣的群聚感染現象，方能落實免疫建築(IB)或建康建築(HB)的水準。

- 風管內部表面的**落菌數(Colony forming unit, CFU)**經常為太多無法計數(Too numerous to count, TNTC)的情形。
- 風管內部表面的**積塵量(the amount of debris)**以美國國家風管清潔協會(National Air Duct Cleaners Association, NADCA)真空測試結果，經常有超過美國國家職業安全與健康研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH 0500) 0.75mg/100cm^{2}的標準。
- 日本通風管道清潔協會(JADCA)研究報告指出，當通風管底面的塵埃堆積量達到5g/m^{2}以上時，通風管銜接的出送風口就會出現塵埃飛散污染室內的現象。

圖2-1.5　中央空調風管內部容易藏污納垢之情形

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

圖2-1.6 短時間內湧入大量看診民眾且聚集於相對狹小的密閉空間內

2-2 室內空氣污染物的型態與來源

◆室內空氣污染物的種類與成因，雖視建築物的類型與使用行為而有所差異，然常見的共通性污染物成因則大致相似，彙整如下表所示。

- 室內民眾或人流過多、隔間過密、天花板淨高度不足且通風換氣不良等造成二氧化碳(CO_2)(≧1,000ppm)與細菌(≧1,500CFU/m^3)濃度偏高或超標。
- 室內過度裝修或裝修建材與傢俱等採用不當造成甲醛(HCHO)(≧0.08ppm)與總揮發性有機化合物(TVOC)(≧0.56ppm)濃度偏高或超標。
- 廚房、餐廳、鍋爐等燃燒源或停車場廢氣等造成一氧化碳(CO)(≧9ppm)、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)(≧35μg/m^3)與粗懸浮微粒(PM_{10})(≧75μg/m^3)濃度偏高或超標。
- 影印機、雷射印表機等事務性機具以及臭氧或靜電等空氣清淨機造成臭氧(O_3)(≧0.06ppm)濃度偏高或超標。
- 漏水、潮濕、盆栽或寵物等造成真菌(≧1,000CFU/m^3)等微生物濃度偏高或超標。
- 廁所、室內車道、廚房等的異味問題。
- 冷卻水塔的退伍軍人菌(*Legionella*)感染等問題。
- 空調系統與風管內的積塵、微生物茲生與群聚感染問題。

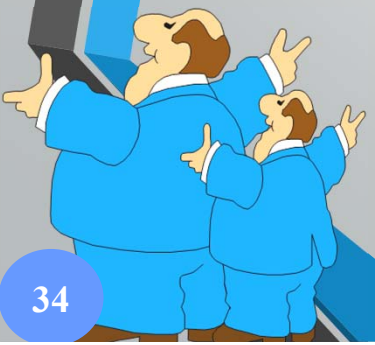


表2-2.1　建築物常見的主要室內空氣污染物類型與成因

主要空氣污染物	主要成因
二氧化碳(CO_2)	**(1)尖峰時段民眾於短時間湧入，成人(70kg)日常活動狀態時，每分鐘呼出約1公升CO_2**；(2)室內空間狹窄、不流通、淨高度低、室內氣積空間不足；(3)空間過度隔間以及內部櫥櫃、傢俱、設施或器材眾多等而過於擁塞；**(4)自然通風不良、未引入新鮮外氣以及空調通風量與通風換氣率(一般每小時至少應有6～8次以上)設計不足**；以及(5)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。
一氧化碳(CO)、汽油味	(1)室內車道車輛廢氣之排放以及地下室停車場之廢氣逸散；(2)室外汽、機車等交通運輸工具廢氣之引入；(3)汽油與柴油燃料之使用且燃燒不完全；以及(4)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。
粒狀污染物(PM_{10}、$PM_{2.5}$)	(1)車輛輪胎與地坪之摩擦以及煞車作用；**(2)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源**；(3)室內裝修過程石綿、人造礦物纖維等建材之破碎、裁切等施工過程；(4)室內盆栽之植物花粉、寵物過敏原、微生物之細菌、真菌、病毒；**(5)空調系統與風管內的積塵等污染源**；以及**(6)臨近營建工地施工或廟宇燃燒金紙或鞭炮等污染源。**
細菌	**(1)尖峰時段民眾大量湧入(正常成人的呼吸作用約產生500～1,500CFU/min，且一般成人身上、皮膚及衣物等所攜帶的菌數超過1億隻)**；(2)中央空調系統與管線內部的滋生；(3)發霉之物品或建材表面(如天花板菌斑、地下室或屋頂漏水之壁癌等)；(4)水域空間(如室內游泳池等)潮濕與通風不良；以及(5)屋頂或地下室漏水、積水、潮濕等空間維護管理問題以及植物表面、寵物等污染源。

表2-2.1　建築物常見的主要室內空氣污染物類型與成因(續)

主要空氣污染物	主要成因
甲醛(HCHO)	(1)室內裝修建材(木質合板、木質傢俱、隔版、礦纖天花板)與膠結劑使用不當或裝修過度；(2)木製建材、版材與木製廚櫃等使用不當；(3)教學教具(如白板筆)等器材使用不當；(4)民生(地墊、芳香劑等)或清潔用品(市售的強力去污劑大多數含有高濃度的甲醛)使用不當；(5)室內美勞、家政、塗裝作業不當；(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)；以及(7)其它衍生物 (因臭氧與萜烯類碳氫化合物，如檸檬香等香水或香精化學作用所產生)等污染源。
總揮性有機化合物(TVOC)	(1)清潔劑、化妝品、黏著劑、天然氣、油漆、殺蟲劑、香煙以及各式各樣個人保養清潔用品如香水、髮雕等；(2)裝修建材、油漆粉刷、傢俱所溢散出的有機物質；(3)日常所使用的文具(如白板筆)、影印機、印表機等機具；以及(4)室內高濃度的揮發性有機物質，多發生於重新裝修、油漆、新傢俱放置及清潔打蠟後。

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

2-3 醫院主要的空氣污染物

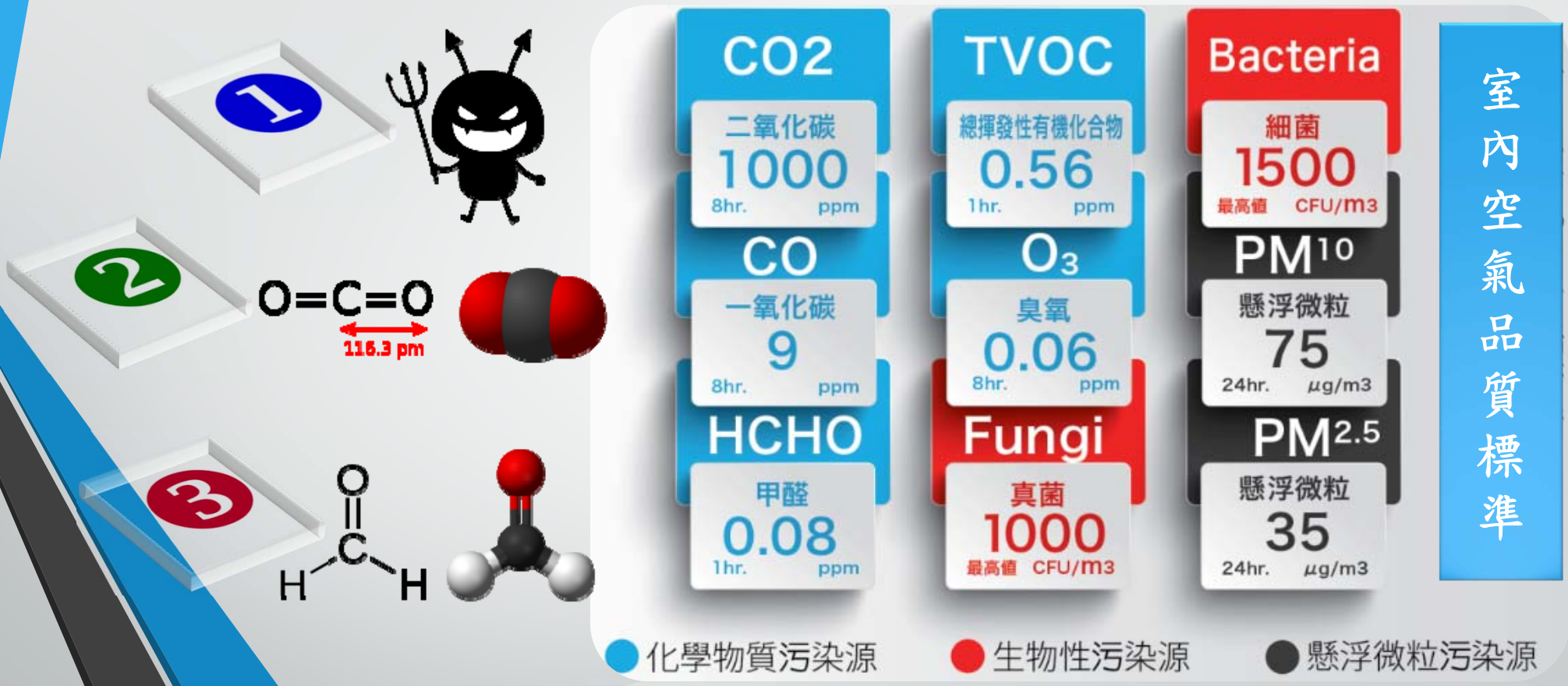


圖2-3.1 我國「室內空氣品質標準」

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

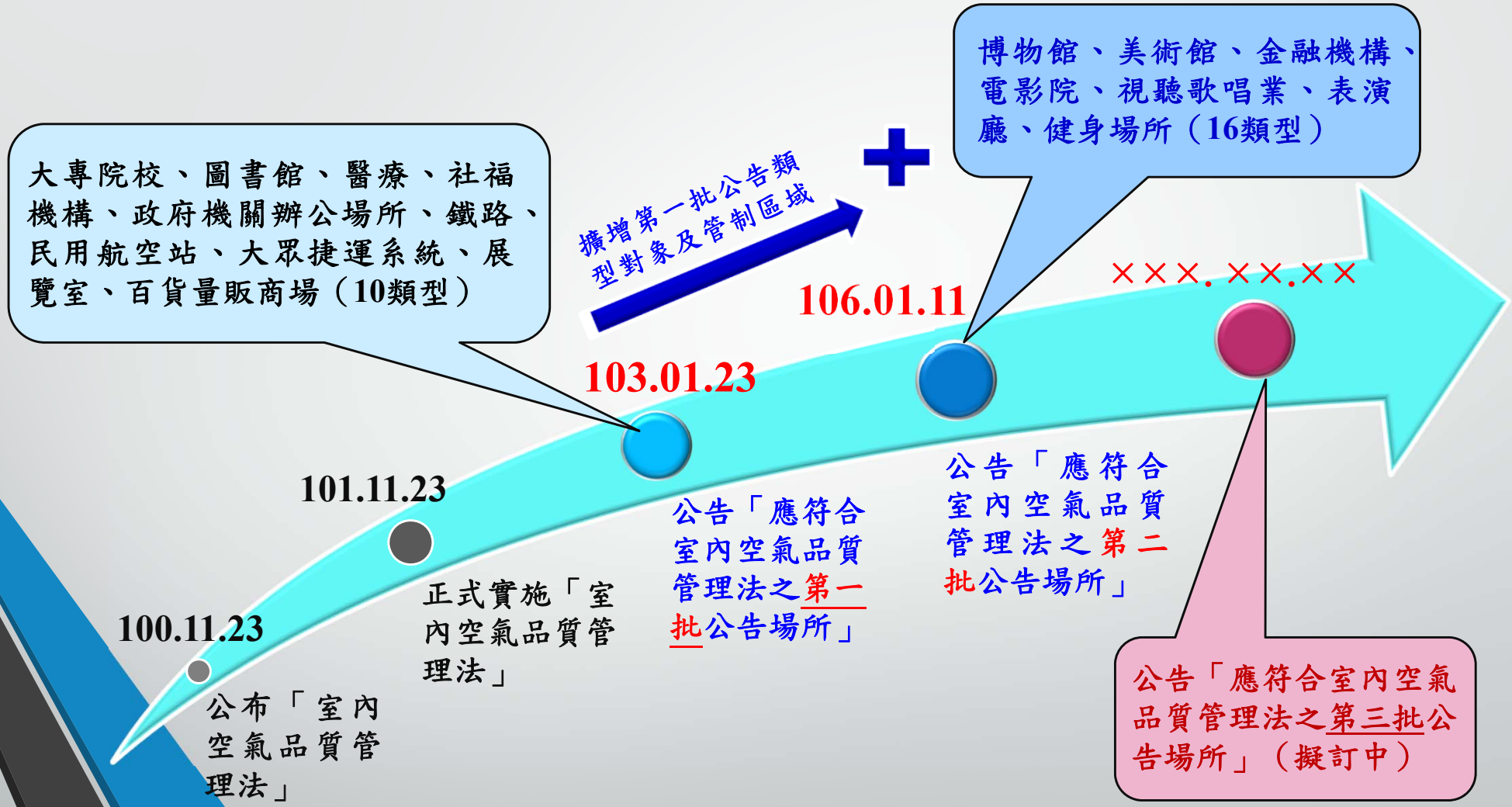


圖2-3.2 我國室內空氣品質管理法之推動近程

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

表2-3.1　第一批公告列管場所室內空氣品質檢測結果（自103年7月1日至107年6月30日止）

類別	統計項目	CO_2(ppm)	CO(ppm)	HCHO (ppm)	TVOC (ppm)	細菌(CFU/m³)	真菌(CFU/m³)	PM_{10}(μg/m³)	$PM_{2.5}$(μg/m³)	O_3(ppm)
大專校院	樣本數	73	5	69	3	91	6	69	22	3
	不合格數	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	不合格比例	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
圖書館	樣本數	58	8	54	6	76	9	54	15	6
	不合格數	6	0	1	0	4	0	0	0	0
	不合格比例	10.3%	0.0%	1.9%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
醫療機構	樣本數	② 74	14	③ 70	2	① 105	1	67	7	2
	不合格數	6	0	2	0	10	0	0	0	0
	不合格比例	8.1%	0.0%	2.9%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
社會福利機構	樣本數	29	26	27	3	31	3	27	11	3
	不合格數	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
政府機關	樣本數	231	45	215	18	31	21	214	62	22
	不合格數	6	0	4	1	0	0	4	5	1
	不合格比例	2.6%	0.0%	1.9%	5.6%	0.0%	0.0%	1.9%	8.1%	4.5%
鐵路車站	樣本數	79	72	74	4	9	7	74	18	4
	不合格數	3	0	0	0	0	0	1	0	0
	不合格比例	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%
航空站	樣本數	9	–	9	–	13	–	9	–	–
	不合格數	1	–	0	–	0	–	0	–	–
	不合格比例	11.1%	–	0.0%	–	0.0%	–	0.0%	–	–
大眾捷運	樣本數	63	59	63	–	–	–	14	13	–
	不合格數	0	0	0	–	–	–	3	6	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	–	–	–	21.4%	46.2%	–
展覽室	樣本數	10	–	9	–	–	–	9.0	1	–
	不合格數	1	–	0	–	–	–	0	0	–
	不合格比例	10.0%	–	0.0%	–	–	–	0.0%	0.0%	–
商場(百貨公司)	樣本數	171	165	169	4	3	–	162	12	2
	不合格數	7	0	4	0	0	–	0	0	0
	不合格比例	4.1%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	–	0.0%	0.0%	0.0%
[illegible]店)	樣本數	270	253	264	8	15	9	256	49	8
	不合格數	19	0	12	0	1	0	1	0	0
	不合格比例	7.0%	0.0%	4.5%	0.0%	6.7%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%

表2.3-2　第二批公告列管場所室內空氣品質檢測結果（自103年7月1日至107年6月30日止）

類別	統計項目	CO_2(ppm)	CO(ppm)	HCHO(ppm)	TVOC(ppm)	細菌(CFU/m³)	真菌(CFU/m³)	PM_{10}(μg/m³)	$PM_{2.5}$(μg/m³)	O_3(ppm)
大專校院	樣本數	86	5	76	–	127	4	80	15	–
	不合格數	3	0	0	–	0	0	0	0	–
	不合格比例	3.5%	0.0%	0.0%	–	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	–
圖書館	樣本數	125	6	123	–	175	3	123	10	–
	不合格數	4	0	0	–	11	1	0	0	–
	不合格比例	3.2%	0.0%	0.0%	–	6.3%	33.3%	0.0%	0.0%	–
博物館、美術館	樣本數	45	1	43	1	110	1	44	9	1
	不合格數	0	0	2	0	1	0	0	0	0
	不合格比例	0.0%	0.0%	4.7%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
醫療機構	樣本數	92	75	86	2	129	7	88	32	5
	不合格數	① 14	0	0	0	② 14	0	0	0	0
	不合格比例	15.2%	0.0%	0.0%	0.0%	10.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
大眾捷運	樣本數	50	51	50	–	–	–	2	2	–
	不合格數	0	0	0	–	–	–	0	0	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	–	–	–	0.0%	0.0%	–
金融機構	樣本數	52	4	46	–	–	–	50	5	–
	不合格數	6	0	0	–	–	–	0	0	–
	不合格比例	11.5%	0.0%	0.0%	–	–	–	0.0%	0.0%	–
電影院	樣本數	62	60	59	–	–	–	58	7	–
	不合格數	4	0	0	–	–	–	0	0	–
	不合格比例	6.5%	0.0%	0.0%	–	–	–	0.0%	0.0%	–
視聽歌唱業	樣本數	73	74	70	1	5	–	74	9	–
	不合格數	0	0	0	0	0	–	3	1	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	–	4.1%	11.1%	–
商場(百貨公司)	樣本數	63	63	63	–	–	–	63	5	–
	不合格數	0	0	1	–	–	–	0	0	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	1.6%	–	–	–	0.0%	0.0%	–

表2.3-2　第二批公告列管場所室內空氣品質檢測結果（自103年7月1日至107年6月30日止）(續)

類別	統計項目	CO_2(ppm)	CO(ppm)	HCHO(ppm)	TVOC(ppm)	細菌(CFU/m³)	真菌(CFU/m³)	PM_{10}(μg/m³)	$PM_{2.5}$(μg/m³)	O_3(ppm)
商場(量販店)	樣本數	10	10	10	–	1	–	10	2	–
	不合格數	0	0	0	–	1	–	0	0	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	–	100.0%	–	0.0%	0.0%	–
運動健身場所	樣本數	103	–	97	–	179	–	98	9	–
	不合格數	13	–	0	–	17	–	0	0	–
	不合格比例	12.6%	–	0.0%	–	9.5%	–	0.0%	0.0%	–
展覽室	樣本數	2	1	2	–	–	–	2	–	–
	不合格數	0	0	1	–	–	–	0	–	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	50.0%	–	–	–	0.0%	–	–
航空站	樣本數	1		1	–	1	–	1	–	–
	不合格數	0		0	–	0	–	0	–	–
	不合格比例	0.0%		0.0%	–	0.0%	–	0.0%	–	–
社會福利機構	樣本數	5	5	5	–	6	–	5	2	–
	不合格數	0	0	0	–	0	–	0	0	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	–	0.0%	–	0.0%	0.0%	–
鐵路車站	樣本數	5	5	5	–	–	–	5	2	–
	不合格數	0	0	0	–	–	–	0	0	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	–	–	–	0.0%	0.0%	–
政府機關	樣本數	30	1	30	–	1	–	30	–	–
	不合格數	0	0	0	–	0	–	0	–	–
	不合格比例	0.0%	0.0%	0.0%	–	0.0%	–	0.0%	–	–
表演廳	樣本數	2		2	–	5	–	2	–	–
	不合格數	0		0	–	0	–	0	–	–
	不合格比例	0.0%		0.0%	–	0.0%	–	0.0%	–	–

號	公告場所名稱	超標項目	檢測數值
1	國立臺灣大學醫學院附設醫院	細菌	2010
2	長庚醫療財團法人臺北長庚紀念醫院	細菌	2203
3	臺北市立萬芳醫院	細菌	1949
4	臺北市立聯合醫院和平院區	細菌、二氧化碳	2661、1099
	臺北醫學大學附設醫院	細菌	2056
6	國立臺灣大學醫學院附設醫院兒童醫院	細菌	2792
7	台灣基督長老教會馬偕醫療財團法人馬偕兒童醫院	細菌	2410

備註：1.細菌標準值：1500 CFU/m^3。
2.二氧化碳標準值：1000 ppm。

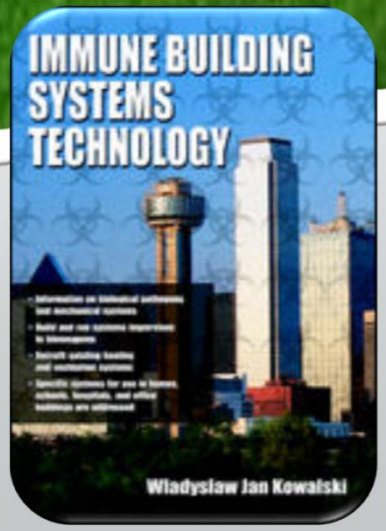
圖2-3.3 106年下半年台北市醫院IAQ稽查結果

參、醫院空氣品質安全環境與設備免疫綜合技術

3-1 醫院常見的消毒與潔淨方式

3-2 安全衛生免疫綜合技術

3-3 應用案例



台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

3-1 醫院常見的消毒與潔淨方式

◆潔淨與防疫手段：濕消毒、薰蒸消毒（霧化、氣化）與乾消毒

表3-1.1 表面常用的濕式消毒劑

消毒劑種類	作用機轉	健康效應（吸入或接觸）
次氯酸鹽(Hypochlorites)	與微生物之核酸蛋白質產生氧化反應	具刺激性及腐蝕性
過氧化氫(Hydrogen peroxide)溶液	使細胞產生氧化反應	低於3 %時無傷害性
四級銨化合物 (Quaternary ammonium compounds)	增加細胞膜的穿透性	毒性刺激物
酒精(乙醇)[Alcohols(Ethanol)]	使蛋白質凝固、沉澱、變性	無報告
碳酸(Phenolics)	使蛋白質變性	有氣味，毒性刺激物，具腐蝕性
戊二醛(Glutaraldehyde)	與微生物之蛋白質鍵結	毒性刺激物
碘、碘仿(Iodine, idophors)	釋出無機碘與微生物之核酸、蛋白質產生氧化反應	對皮膚及黏膜組織具有刺激性
甲醛(Formaldehyde)	與微生物之DNA及蛋白質鍵結	有氣味，毒性刺激物，可能具有致癌性

濕消毒

- 世界衛生組織(WHO)和世界糧食組織(FAO)將其列為 A1 級安全高效消毒劑，並推薦 ClO_2為人類第四代的安全消毒劑(第一代：次氯酸鈉；第二代：環氧乙烷；第三代：戊二醛)。

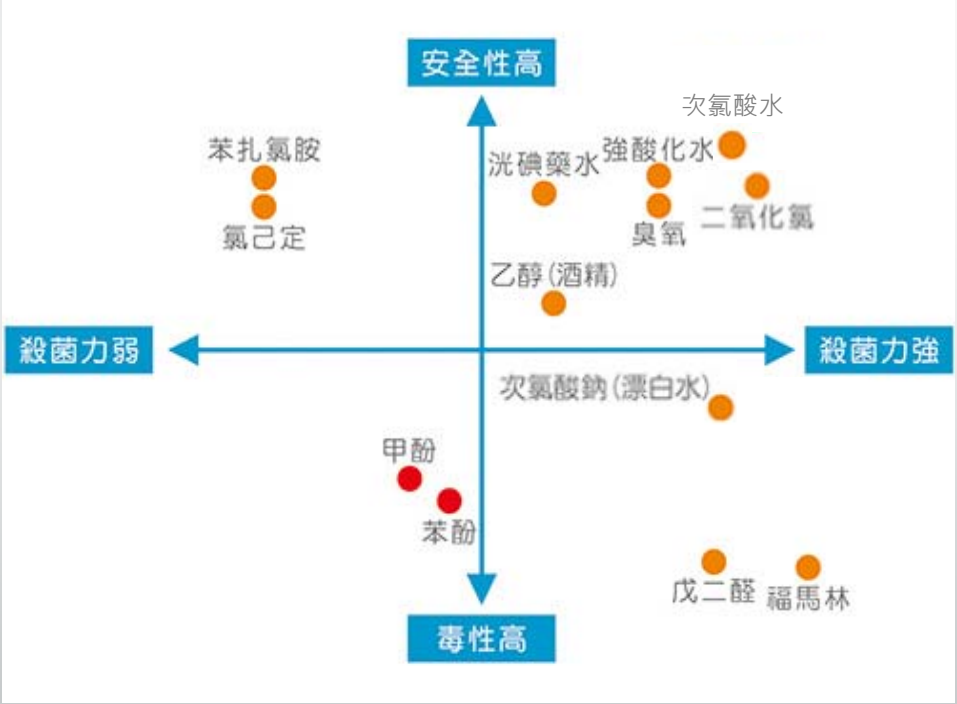
台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

http://magic-clo2.com/page/2/%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%AF

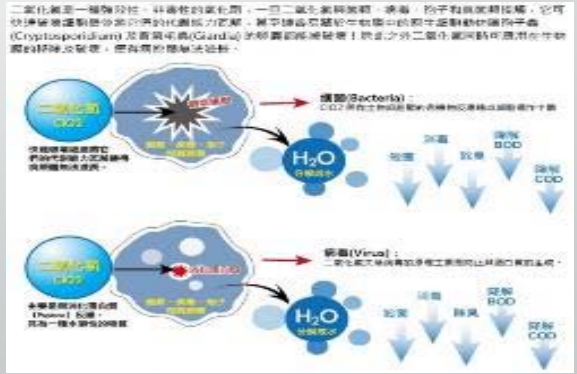
https://www.gotvshopping.com.tw/Detail/6863604EB39E4509AB006ED7D1A52F26

https://blog.xuite.net/uees888/superclean/151922831-Superclean%E8%88%92%E5%85%8B%E6%B8%85%E6%98%AF%E5%90%A6%E5%B0%8D%E4%BB%BB%E4%BD%95%E7%B4%B0%E8%8F%8C%E7%97%85%E6%AF%92%E9%83%BD%E5%8F%AF%E6%AE%BA%E6%AD%BB%E5%91%A2%EF%BC%9F

https://www.muchen.biz/products_detail/%E6%99%AE%E5%8A%9B600%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%AF%E9%8C%A0



http://ator916.pixnet.net/blog/post/118954720-%E5%B1%85%E5%AE%B6%E6%B6%88%E6%AF%92%E5% 88%A9%E5%99%A8-%E6%AC%A1%E6%B0%AF%E9%85%B8%E6%B0%B4(改繪)



https://www.muchen.biz/news_detail/12.htm

圖3-1.1　各種消毒藥劑之殺菌效果與原理示意圖

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

圖3-1.2　醫院、學校、市場、居家等場所薰蒸消毒系統之應用

圖3-1.3　醫院與幼兒園等場所乾消毒系統(以UVGI為例)之應用

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

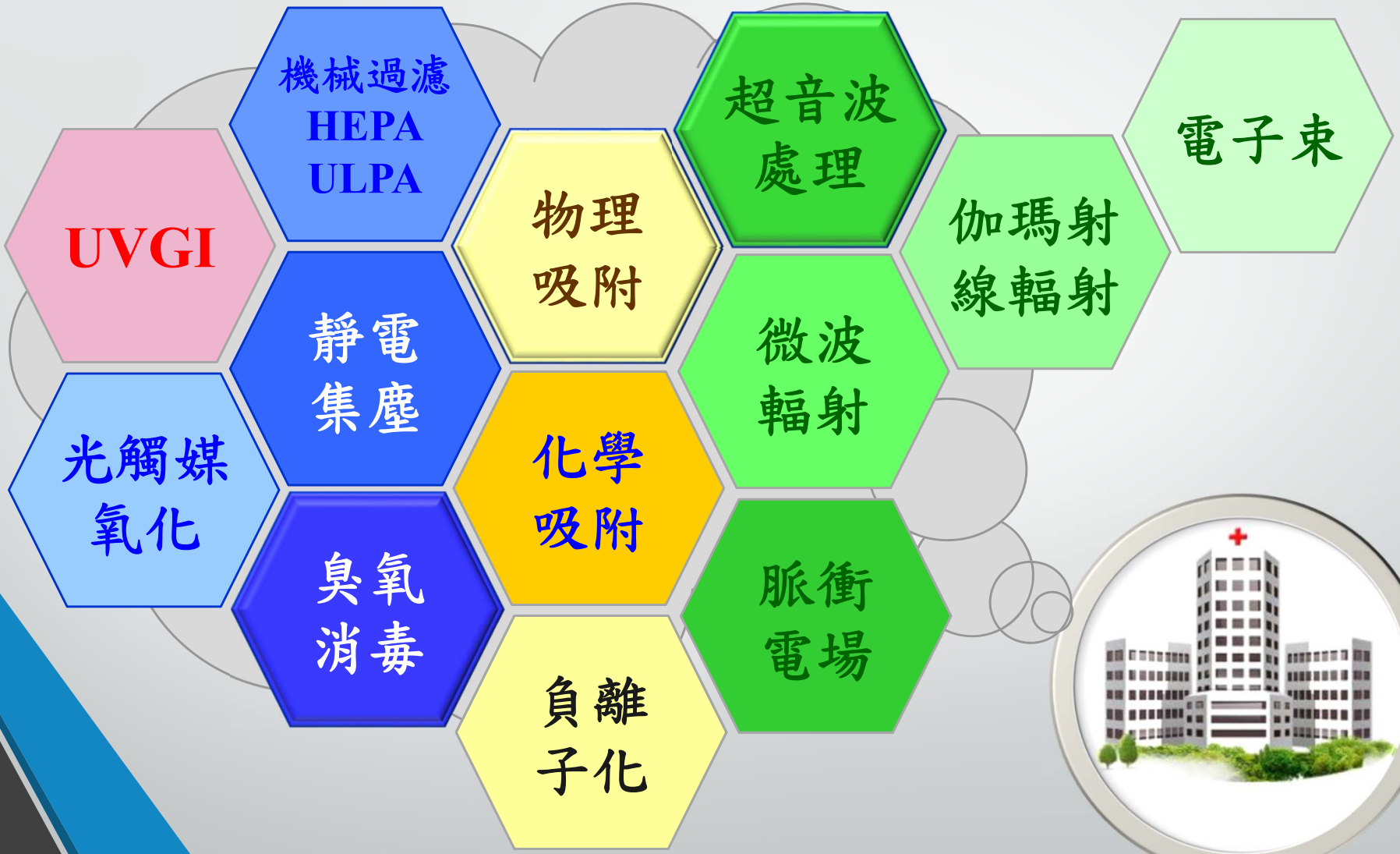


圖3-1.4　各種空氣污染物(氣狀、粒狀、生物性等)消毒與淨化技術

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

•在諸多空氣消毒與淨化技術中，相對而言，就發展歷史、實務驗證以及重要機構的認可等觀點，目前以UVGI技術最為成熟、可靠。

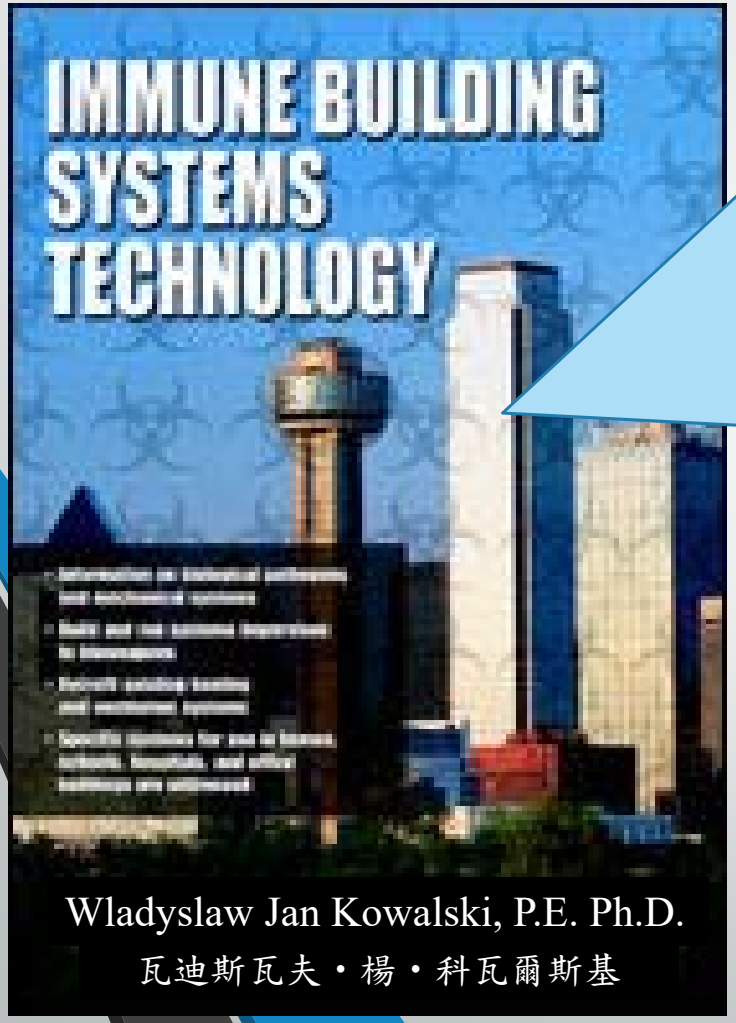
表1.3-2 紫外線歷史中關鍵事件的年表

Year	Event	Reference
1814	Fraunhofer maps spectral bands of sunlight	Hockberger (2002)
1835	Wheatstone invents first mercury vapor arc lamp	Hockberger (2002)
1850	Stokes invents quartz arc lamp that produces to 185 nm	Hockberger (2002)
1842	Becquerel and Draper find 340–400 nm light photoreactive	Hockberger (2002)
1877	Bactericidal effects of sunlight first demonstrated	Downes and Blunt (1877)
1889	UV light demonstrated to be erythemal	Widmark (1889)
1892	UV component of sunlight identified as biocidal	Ward (1892)
1892	Geissler demostrates lethality of arc lamps to *B. typhosus*	Hockberger (2002)
1903	UV spectrum from 226 to 328 nm found to be germicidal	Barnard and Morgan (1903)
1904	First quartz lamp for UV developed	Lorch (1987)
1906	UV first used to disinfect drinking water	von Recklinghausen (1914)
1909	First European applications for UV water disinfection	AWWA (1971)
1912	Henri found shorter UV wavelengths don't penetrate	Henri (1912)
1916	First USA applications of UV for water disinfection	AWWA (1971)
1921	UV photoreactivity with TiO_2 first demonstrated	Renz (1921)
1925	UV photodegradation of materials first demonstrated	Luckiesh and Taylor (1925)
1927	First erythemal action spectrum published	Hausser and Vahle (1927)
1927	Bactericidal action of UV first quantified scientifically	Bedford 1927, Gates (1929)
1928	Virucidal action of UV first quantified scientifically	Rivers and Gates (1928)
1929	Fungicidal action of UV first quantified scientifically	Fulton and Coblentz (1929)
1932	UV germicidal peak at 253.7 nm isolated	Ehrismann and Noethling (1932)
1932	Erythemal spectrum of UV first quantified	Coblentz et al. (1932)
1936	First overhead UV system in hospitals	Wells and Wells (1936), Hart (1936)
1936	UV photoreactivation phenomena first identified	Prat (1936)
1937	First upper air application in schools	Wells (1938)
1938	First fluorescent gas discharge UV lamp	Whitby and Scheible (2004)
1940	UV first applied to air conditioning systems	Rentschler and Nagy (1940)
1942	First UV air disinfection sizing guidelines	Luckiesh and Holladay (1942)
1942	Upper and lower UV applied to Army/Navy barracks	Wells et al. (1942)
1950	First catalog sizing methods	Buttolph and Haynes (1950)
1954	First air conditioner application	Harstad et al. (1954)
1954	Faulty British study concludes UV is ineffective	MRC (1954)
1957	Riley proves effectiveness of UV for TB control	Riley et al. (1957)
1974	First microbial growth control systems	Grun and Pitz (1974)
1985	Cooling coil UV systems in use in European breweries	Philips (1985)
1994	CDC acknowledges UV effectiveness for TB control	CDC (2005)
1996	First cooling coil irradiation system in US	Scheir (2000)
1997	First UV light emitting diodes (LEDs) at 265 nm	Guha and Bojarczuk (1998)
1999	WHO recommends UVGI for TB control	WHO (1999)
2000	US army recommends UVGI for disease isolation	USACE (2000)
2003	CDC formally sanctions UVGI use in hospitals	CDC (2003)
2003	FEMA sanctions UVGI as a biodefense option for buildings	FEMA (2003)
2003	First in-duct UVGI system demonstrated to reduce illness symptoms and airborne contamination	Menzies et al. (2003)
2003	ASHRAE forms UV air and surface treatment committee	Martin et al. (2008)
2005	Federal government specifies UV for cooling coil disinfection	GSA (2003)
2007	Overhead UV system proven to reduce SSIs in ORs	Riter et al. (2007)

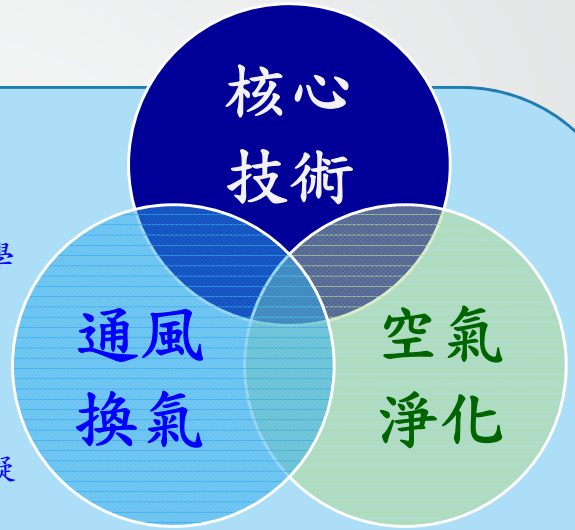
• Kowalski, W. J., Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook - UVGI for Air and Surface Disinfection, Springer, New York (2009).

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

3-2 安全衛生免疫綜合技術



第1章 概論
第2章 生物毒劑
第3章 化學毒劑
第4章 生化毒劑的劑量和流行病學
第5章 生化毒劑的釋放方式
第6章 建築物及其受襲情景
V 第7章 通風系統
V 第8章 空氣淨化與消毒系統
第9章 建築物受襲情景的數值模擬
第10章 生化毒劑的檢測
第11章 免疫建築控制系統
第12章 安全和應急程式
V 第13章 洗消與修復
V 第14章 替代技術
第15章 經濟性分析與系統優化
第16章 郵件收發室與生化毒劑
第17章 結語
附錄：(A)生物毒劑資料庫／(B)病原體的疾病發展和致死課題曲線資料庫／(C)毒素和課題曲線資料／(D)化學毒劑資料庫／(E)紫外線照射(UVGI)系統的規格與殺滅率／(F)計算紅外線照射(UVGL)系統直射輻射平均場強的來源程式
術語表
參考文獻



理氣與消毒雙管齊下

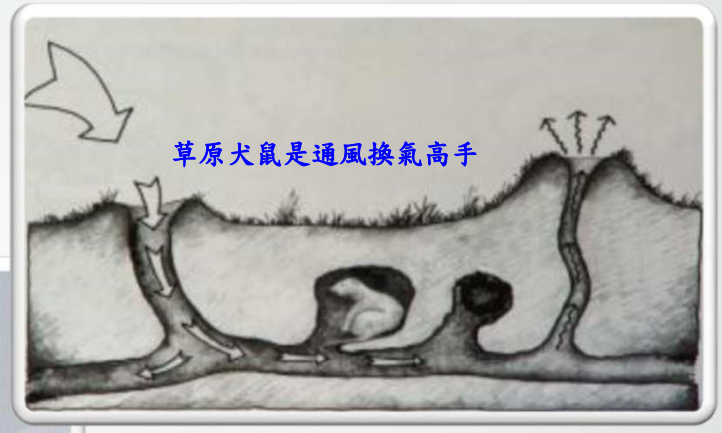
圖3-2.1　免疫建築系統綜和技術之內涵

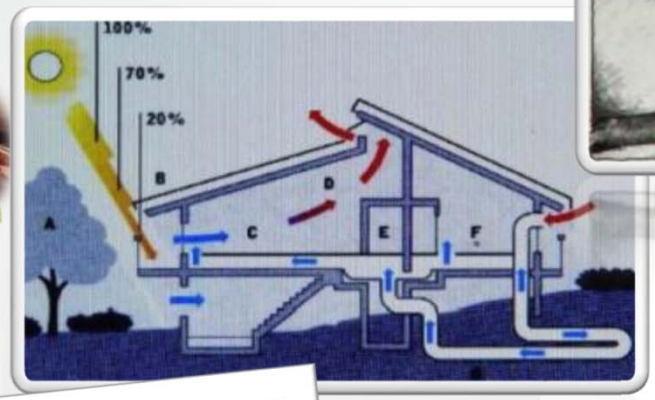
台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

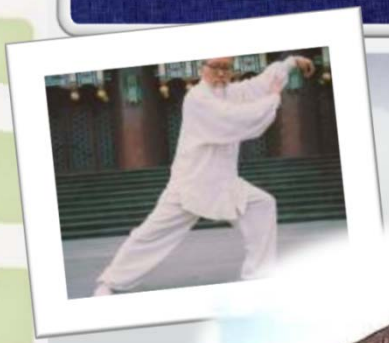
一、理氣的重要性

◆人的氣順了，身體自然就健康了

◆家的氣通了，空間自然就潔淨了







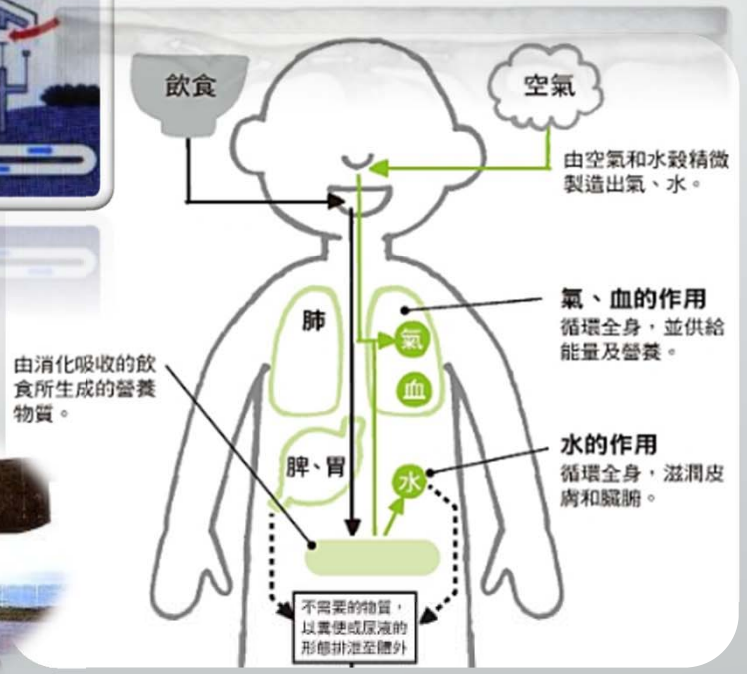


圖3.2 人與建築物通風換氣對健康的重要性

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

二、理氣第一步

您真的充分瞭解並可完全掌握醫院各區域的氣流路徑與運行狀況嗎？

唯有真正掌握醫院各區域的氣流路徑與運行狀況，才能進一步控制氣流中的微生物，進而加以消毒或殺滅，減少醫院透過空氣傳播的群聚感染問題。

充分掌握中央空調系統的型態(AHU、FCU、AHU+FCU….)與管線配置並確保其正常運作

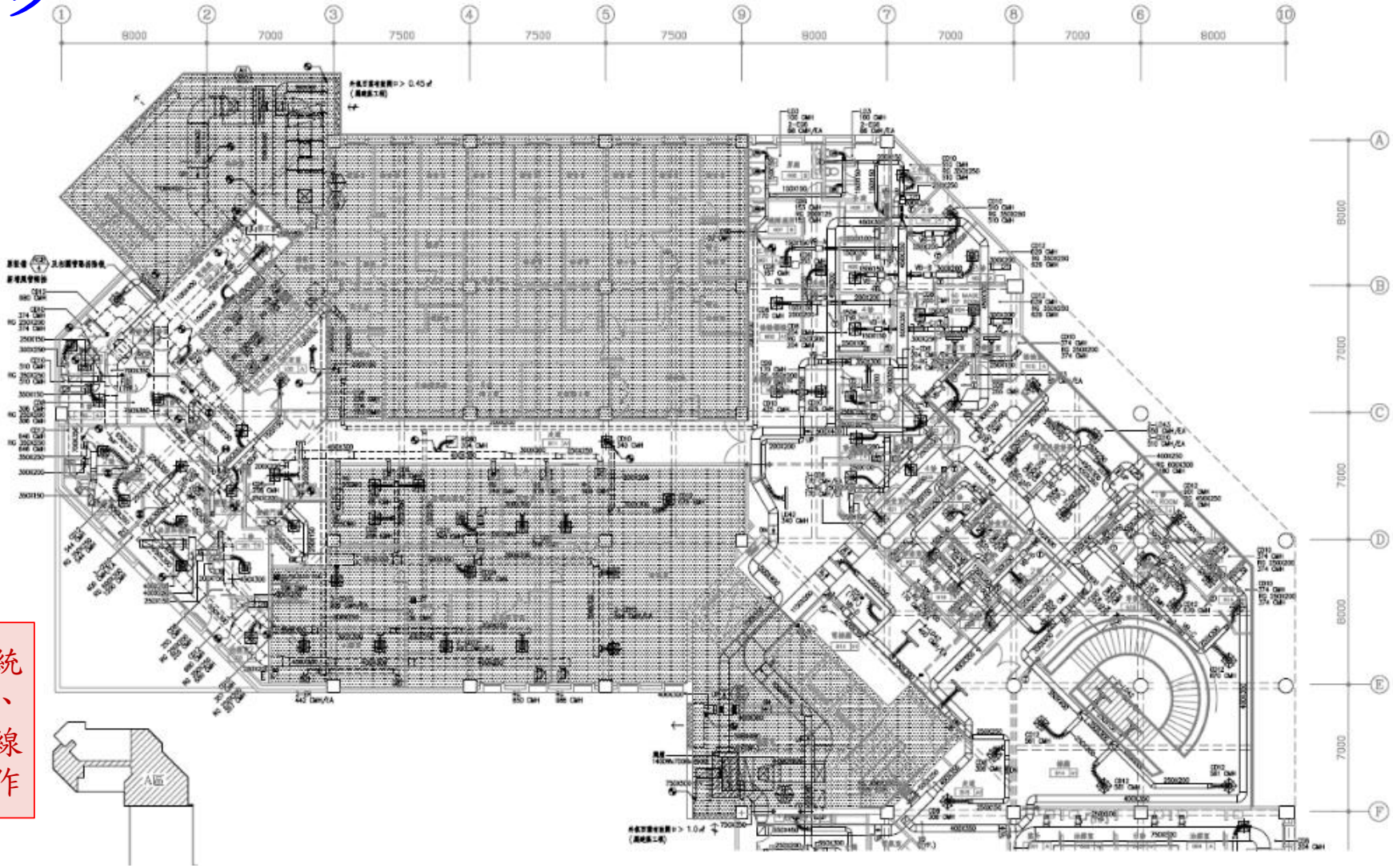


圖3-2.2　充分掌握中央空調系統的型態與管線配置並確保其正常運作為理氣第一步

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

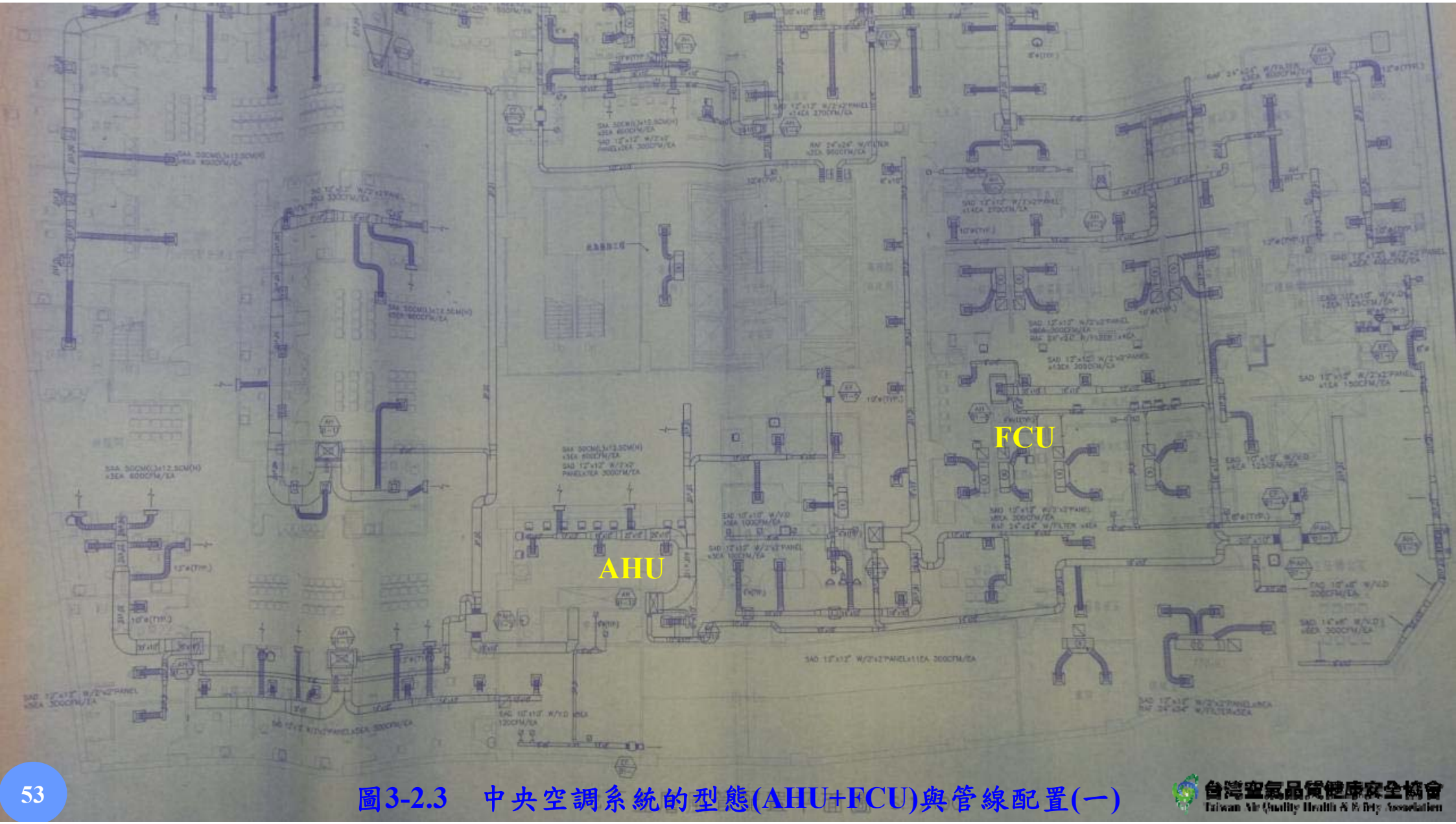


圖3-2.3　中央空調系統的型態(AHU+FCU)與管線配置(一)

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

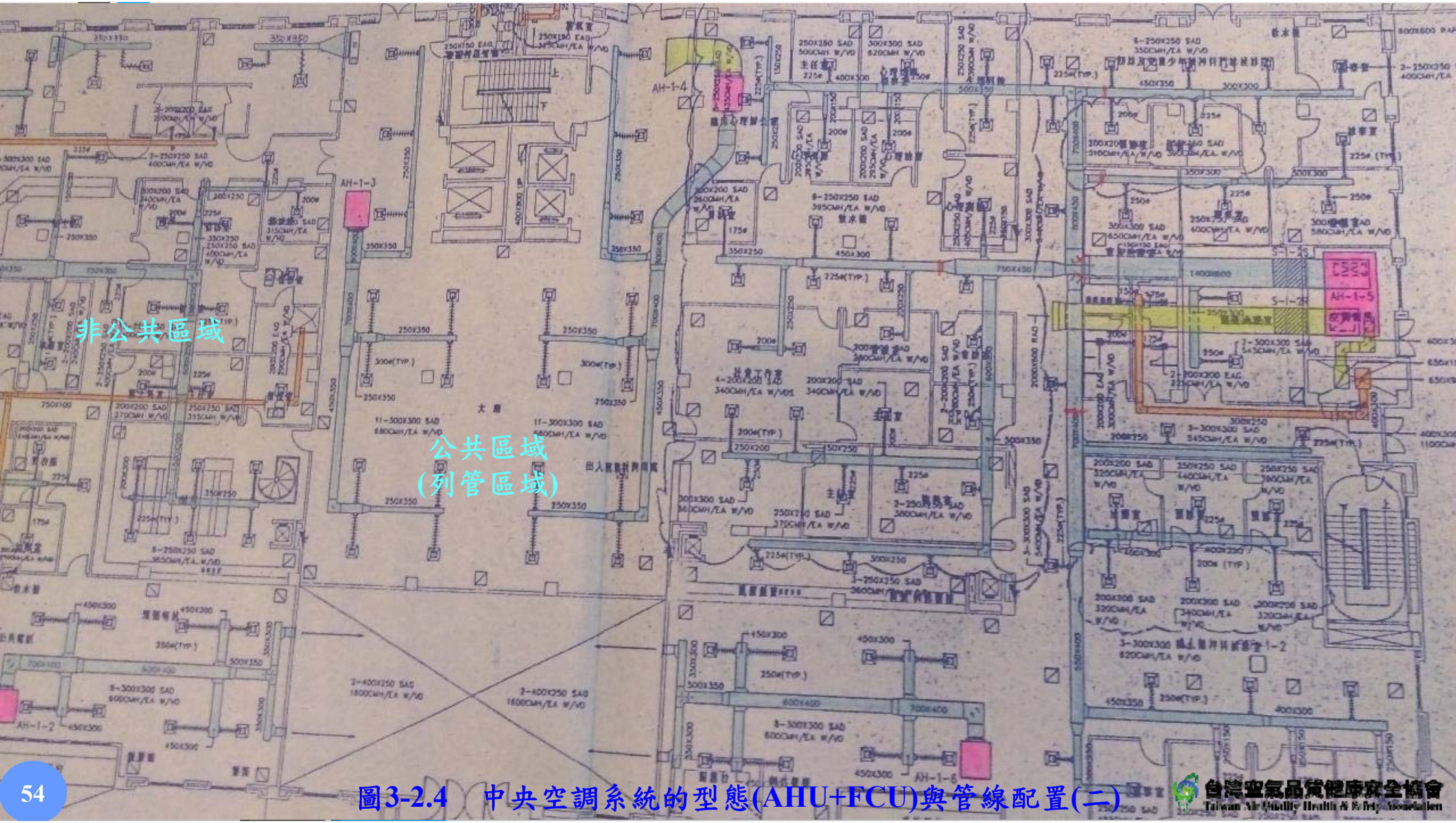
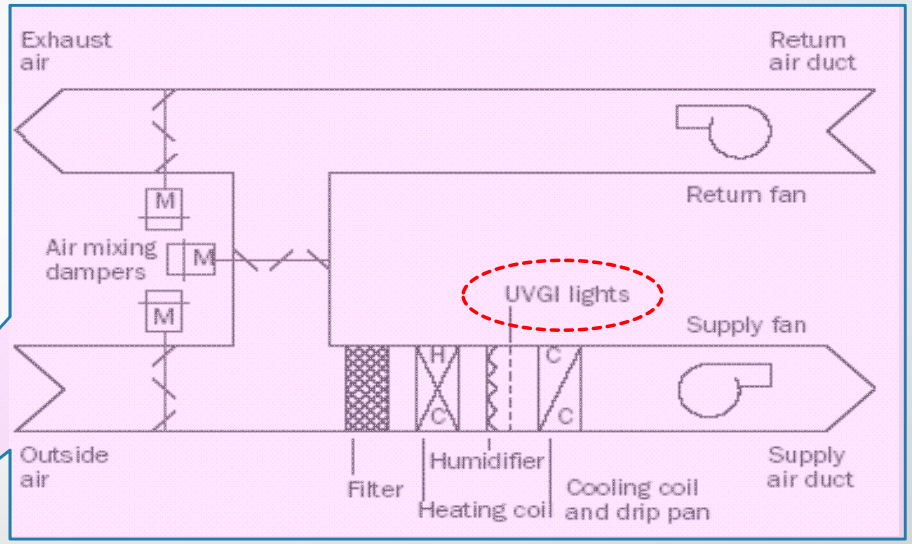


圖3-2.4　中央空調系統的型態(AHU+FCU)與管線配置(二)

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

三、理氣核心

◆ 中央空調建築物的理氣核心，在於其空調箱或管道內設置消毒或淨化設備，稱為「**管道內置式清淨設備(In-duct air-cleaning devices)**」或「**全屋式清淨設備(Whole-house air-cleaning devices)**」，同時於個別需加強或空氣品質較不佳的區域，另行設置「**可攜式空氣清淨機(Portable air cleaners)**」等雙管齊下的規劃方式。



• Kowalski, W. J., and W. P. Bahnfleth, "Proposed Standards and Guidelines for UVGI Air Disinfection," IUVA News, Vol. 6, No. 1, pp.20-25, (2004).

全屋式清淨設備

- 高效濾網
- UVGI系統
- ClO_2霧化系統
- 光觸媒系統
- 負離子系統
- 靜電系統…等

圖3-2.5 中央空調系統空調箱為理氣之核心示意圖

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆UVGI系統結合高效袋式濾網淨化技術在免疫建築(IB)上的應用，其設置標準或指引，國外已有諸多機構與研究單位提出建議。

1.美國採暖、製冷和空調工程師學會(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE)所編訂的「2011 ASHRAE HANDBOOK-HVAC Application(SI)-Chapter 60 Ultraviolet Air and Surface Treatment (TC 2.9, Ultraviolet Air and Surface Treatment)」(ASHRAE Technical Committees, 2011)。

2.國際紫外線協會(International Ultraviolet Association, IUVA)所編訂的「Guideline for Design and Installation of UVGI In-Duct Air Disinfection Systems(IUVA Draft Guideline IUVA-G03A-2005)」(IUVA, 2005)。

3.美國陸軍工程兵部隊(United States Army Corps of Engineers, USACE) 所編訂的「Protecting buildings and their occupants from airborne hazards(TI 853-01)」(USACE, 2001)。

4.美國國防部國防高等研究計劃署(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)所提出的「DARPA's Immune Building Program (021029_AA_ColPro 2002)」(DARPA, 2002)。

5.美國Air & Water公司所編訂的「UVGI for Cooling Coil Disinfection, Air Treatment, and Hospital Infection Control」(Kowalski, 2011)。

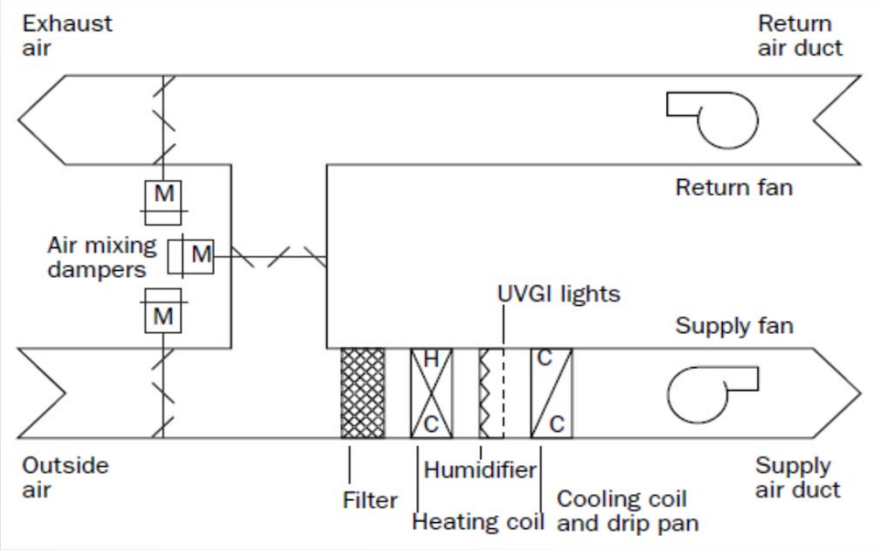


圖3-2.6　UVGI應用於HVAC示意圖

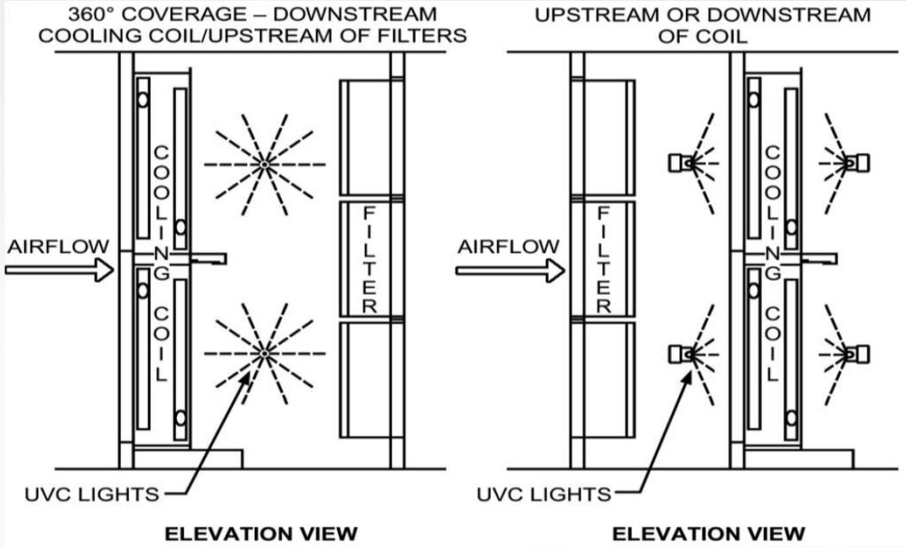
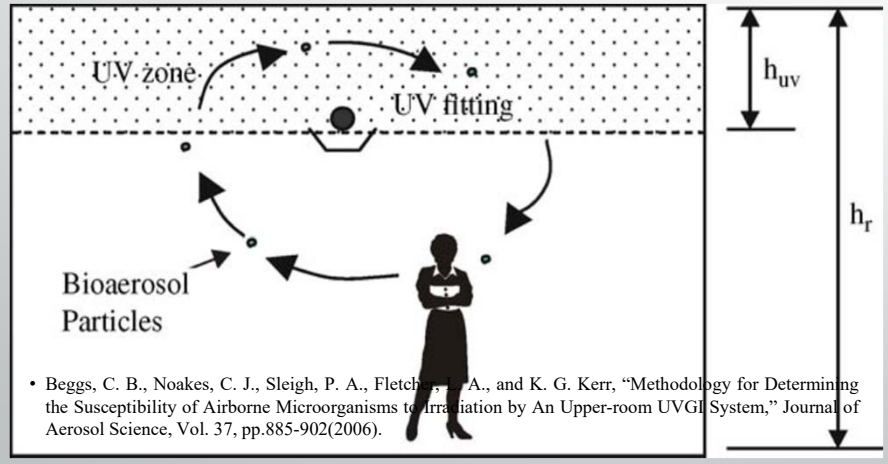


圖3-2.7　UVGI空調箱內淨化佈設之方式



• Beggs, C. B., Noakes, C. J., Sleigh, P. A., Fletcher, L. A., and K. G. Kerr, "Methodology for Determining the Susceptibility of Airborne Microorganisms to Irradiation by An Upper-room UVGI System," Journal of Aerosol Science, Vol. 37, pp.885-902(2006).

圖3-2.8　上層空間UVGI系統示意圖

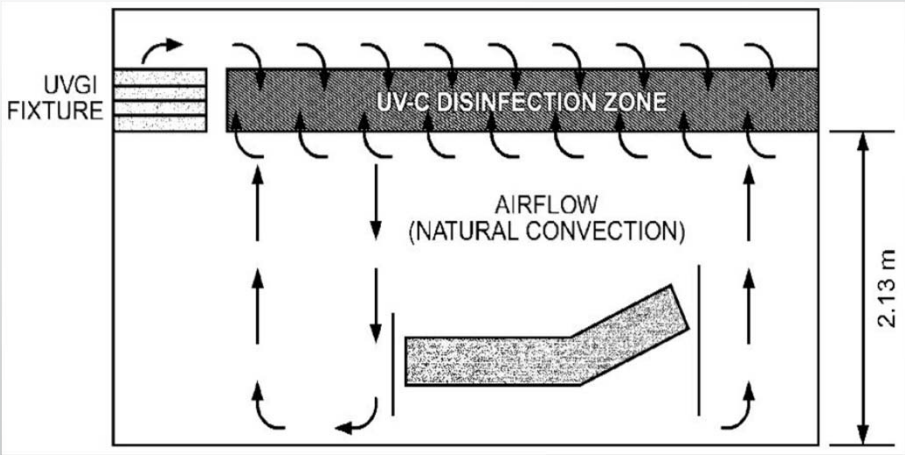
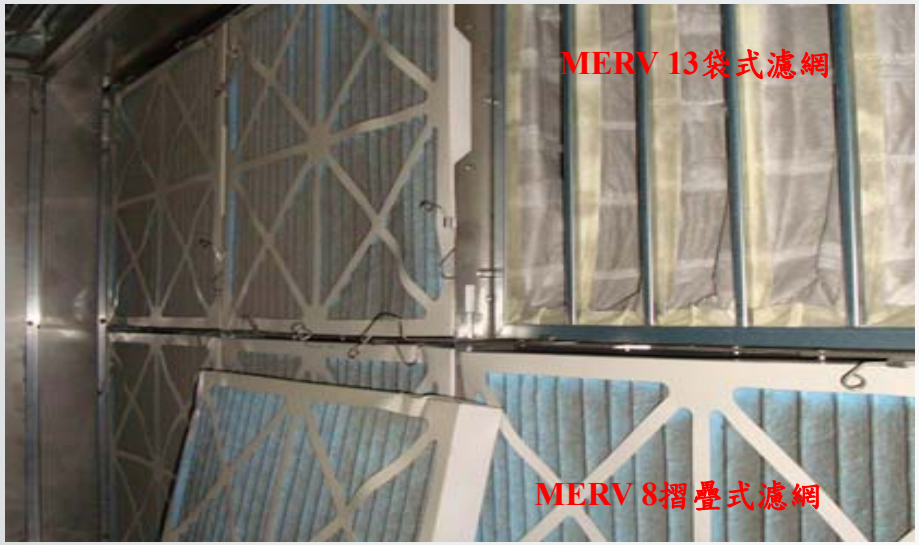


圖3-2.9　醫院病房應用上層空間UVGI系統

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association



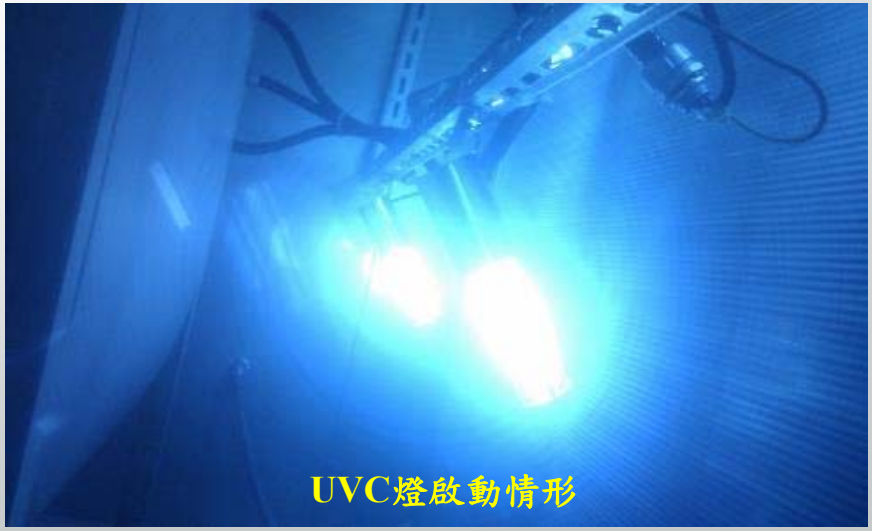


圖3-2.10 UVGI系統結合袋式濾網之空調箱消毒與淨化系統

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

四、理氣十二大法則(心法)

1. 氣不通(未確實或根本未真正引入外氣)
2. 氣不良(內部循環，以冷度麻痺我們而已)
3. 氣不足(外氣引入量不夠或漏失)
4. 氣不順(風管過多轉折或急轉彎的損耗與縮流)
5. 氣不暢(風管內部髒污或堵塞)
6. 氣不均(出回口位置設計與配置不當)
7. 廢氣乘虛而入(外氣引入口已受到污染)
8. 毒氣入侵(人為生化恐怖攻擊事件)
9. 正廢氣不分(空間的正壓或負壓不正確)
10. 調理與養氣(利用空氣淨化設備改善髒污之空氣)
11. 搶氣(外氣停滯時的主動與積極引入設計或手法)
12. 增氣(額外提供呼吸帶乾淨的空氣)

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

五、消毒與淨化技術

表3-2.1　空氣淨化設備對塵粒、生菌、異臭味的效果表現

產品類型	灰塵	油霧	菌類病毒	菸煙	VOC類	廚房食腐 味	廢氣	污水臭味	應用及場所
ISO,ASHRAE 等級各種空氣過濾器	很好	很好	尚可	0	0	0	0	0	空調箱及其他
HEPA,ULPA濾網特殊濾網加料	非常好	非常好	很好	一般	0～好	0	0	0	潔淨室等
靜電機	好	好	一般	一般	0	0	一般	0	廚房、工業類
水洗機	尚可	很好	0	0	0	0	好	一般	廚房、工業類
光觸媒(TiO_2類+UV)	0	一般	好～很好	一般	好	一般	尚可	尚可	表面性處理
UVC+O_3一般紫外線及臭氧機	0	很好	很好	很好	很好	好	很好	很好	適室外、傷害
小型空氣淨化機	很好	很好	很好	尚可	一般	一般	一般	一般	室內場所
正負離子系統	0	很好	很好	很好	很好	很好	很好	很好	空調箱、管路或其他
UVC低溫型強力紫外線燈	0		非常好 ES	一般	很好	一般	一般	一般	ES空調箱及風管等
活性碳系列(化學碳)	0	0	0	非常好	很好	很好	很好	很好	淨化箱設備
備註：效果參考表（許多特殊應用組合不在此範圍內）									

無	一般	尚可	好	很好	非常好	二次污染	綠建築節能		
0%	10～20%	30～50%	60～70%	80～90%	95～100%	對人體傷害	ES		

•摘自美國STERIL-AIRE公司

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

表3-2.2　空氣清淨技術室內污染物去除功能

空氣清淨技術室內污染物去除功能【劉、江, 2000a】												
清淨	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
技術	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
初級濾網	○	○	▽						▽			僅能過濾可以目視大小之微粒
中級濾網	◎	○	○	▽					○			懸浮微粒過濾效率80%
HEPA濾網	◎	◎	◎	○					◎	▽		可過濾0.3μm懸浮微粒效率達99.97%
ULPA濾網	◎	◎	◎	◎					◎	▽		可過濾0.1μm懸浮微粒效率達99.99997%

說明：◎非常有效 ○有效 ▽可能有效

- HEPA 是**High Efficiency Particulate Air** Filters的簡寫，直譯為『高效率排放空氣』濾網，是為濾網所設定的一個空氣過濾效率的標準。
- ULPA是**Ultra Low Penetration Air** Filters的簡寫，ULPA是專門為精密藥物實驗室，或是半導體精密工廠，所設定的無塵室空氣過濾清靜系統用的濾紙，所用的衡量標準。

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

表3-2.2　空氣清淨技術室內污染物去除功能(續)

空氣清淨技術室內污染物去除功能【劉、江, 2000a】												
清淨技術	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
靜電濾網	○	○	○	○					○	▽		壓損小，對細微粒初期清淨效果佳，但濾網壽命短
靜電集塵	○	○	○	○					○	▽		對細微粒特別有效，效果隨集塵板積塵而降低
負離子	○	○	○	○	▽	▽	▽			▽	▽	作用範圍有限制，有污損機體和表面之可能
臭氧					▽	○	○	○		○	○	作用範圍有限制，濃度太高時對身體有害
活性碳					◎	◎	◎	▽				可吸附臭味，但要定期更換已飽和之濾網
光觸媒濾網					◎	◎	◎	○	▽	◎	○	具同時除臭和滅菌功能，更換期限較長
化學濾網					▽	○	○	▽	▽	▽	▽	具特定功能（如醫院消毒藥水）而製造的濾網

說明：◎非常有效 ○有效 ▽可能有效

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

3-3 應用案例

一、二氧化碳(CO_2)改善

於該醫院大樓一樓外牆直接增設外氣引入口並經預冷空調箱後送進天花板內之FCU空調系統進行改善，改善後之CO_2濃度已降至650ppm高～880ppm左右(約100～120人)。

某醫院大樓一樓心臟內科門診民眾等候區採FCU空調系統，未改善前之CO_2濃度高達2,336ppm(約125人)。

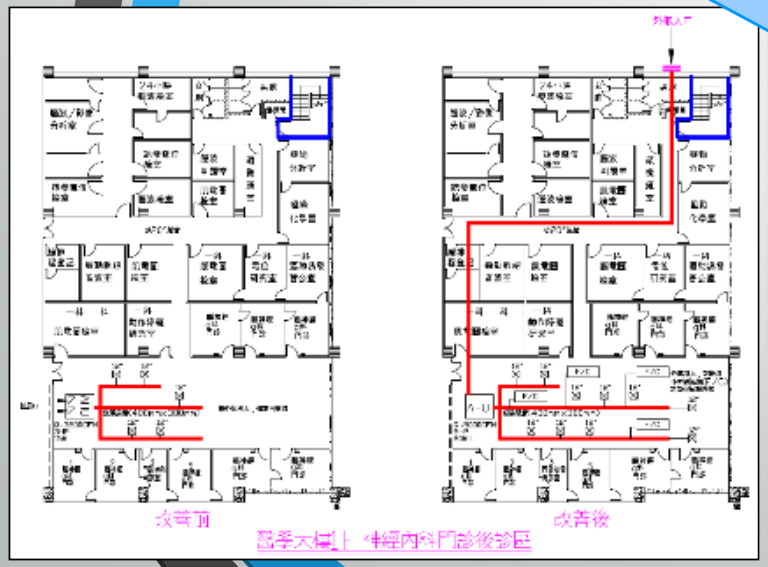


圖3-3.1　某醫院大樓引入新鮮外氣結合預冷空調箱及FCU系統之案例

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

圖3-3.2　某市政府辦公大樓預冷空調箱(PAH)引入外氣結合原空調系統之改善案例

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

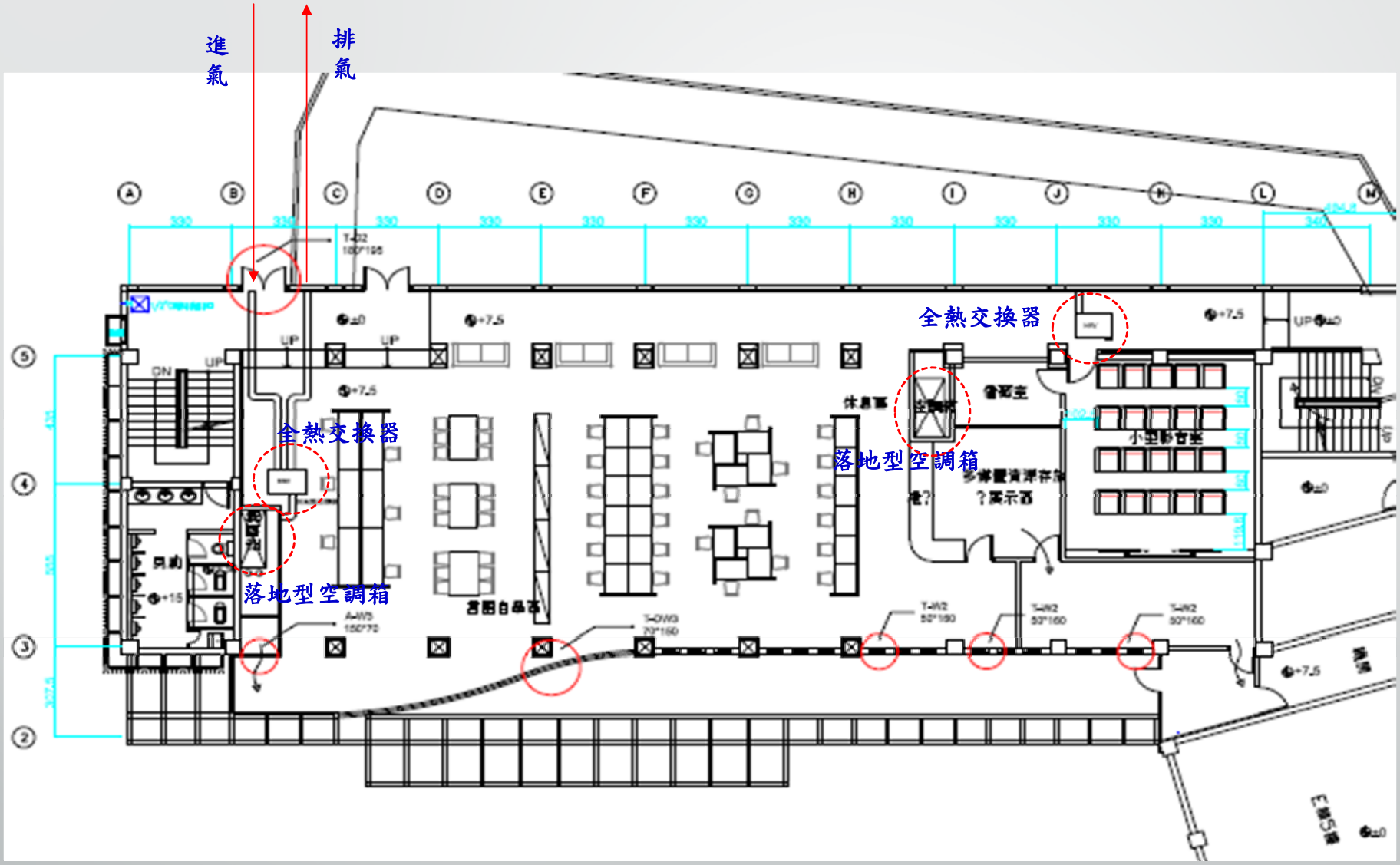


圖3-3.3　某大學圖書館以全熱交換器(HRV)引入外氣結合落地型空調箱之改善案例

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

二、細菌改善

◆ 場址特性之掌握

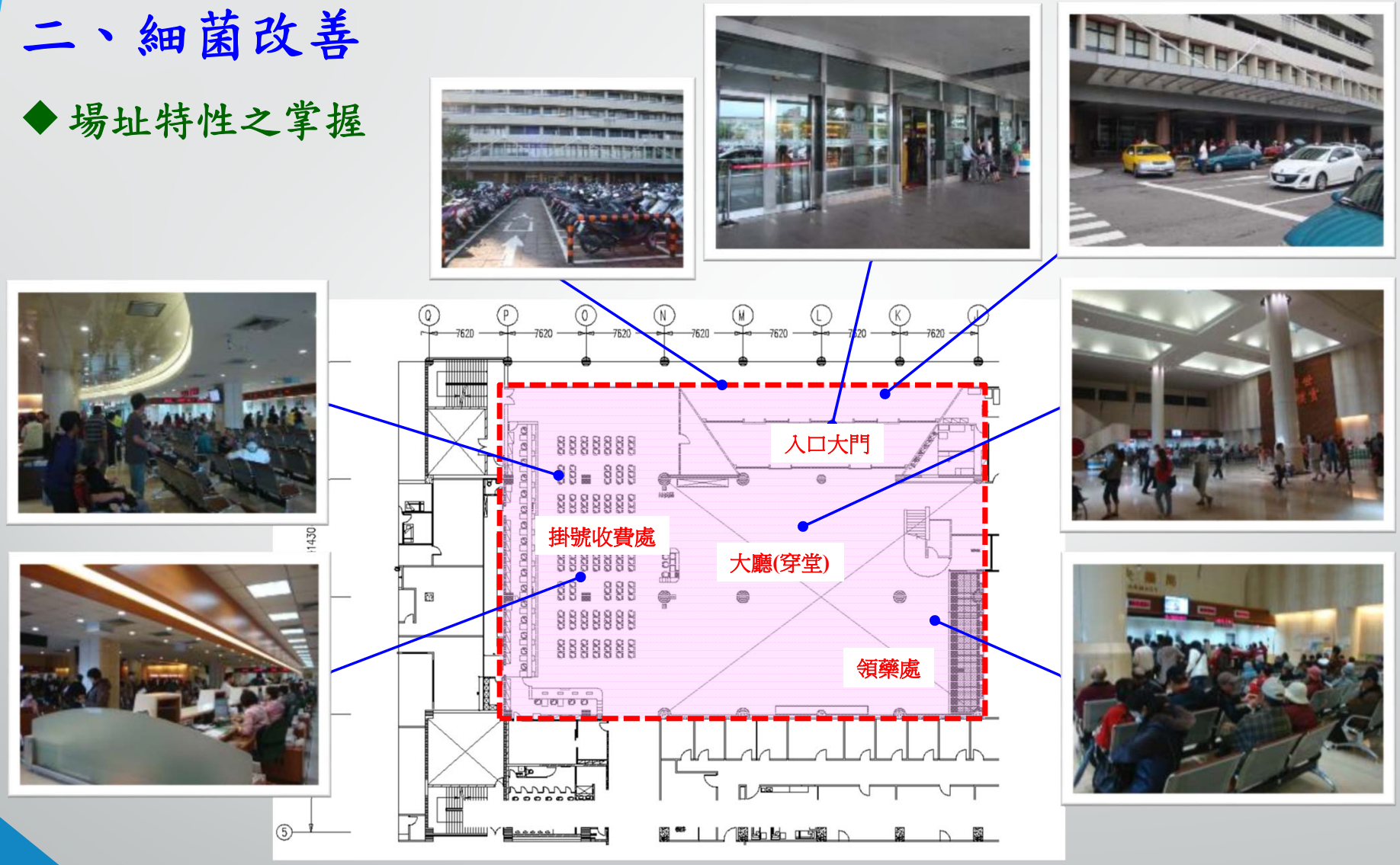


圖3-3.4 改善場址大廳(含：掛號批價處、領藥處、穿堂)平面圖

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆ 空調系統之型態

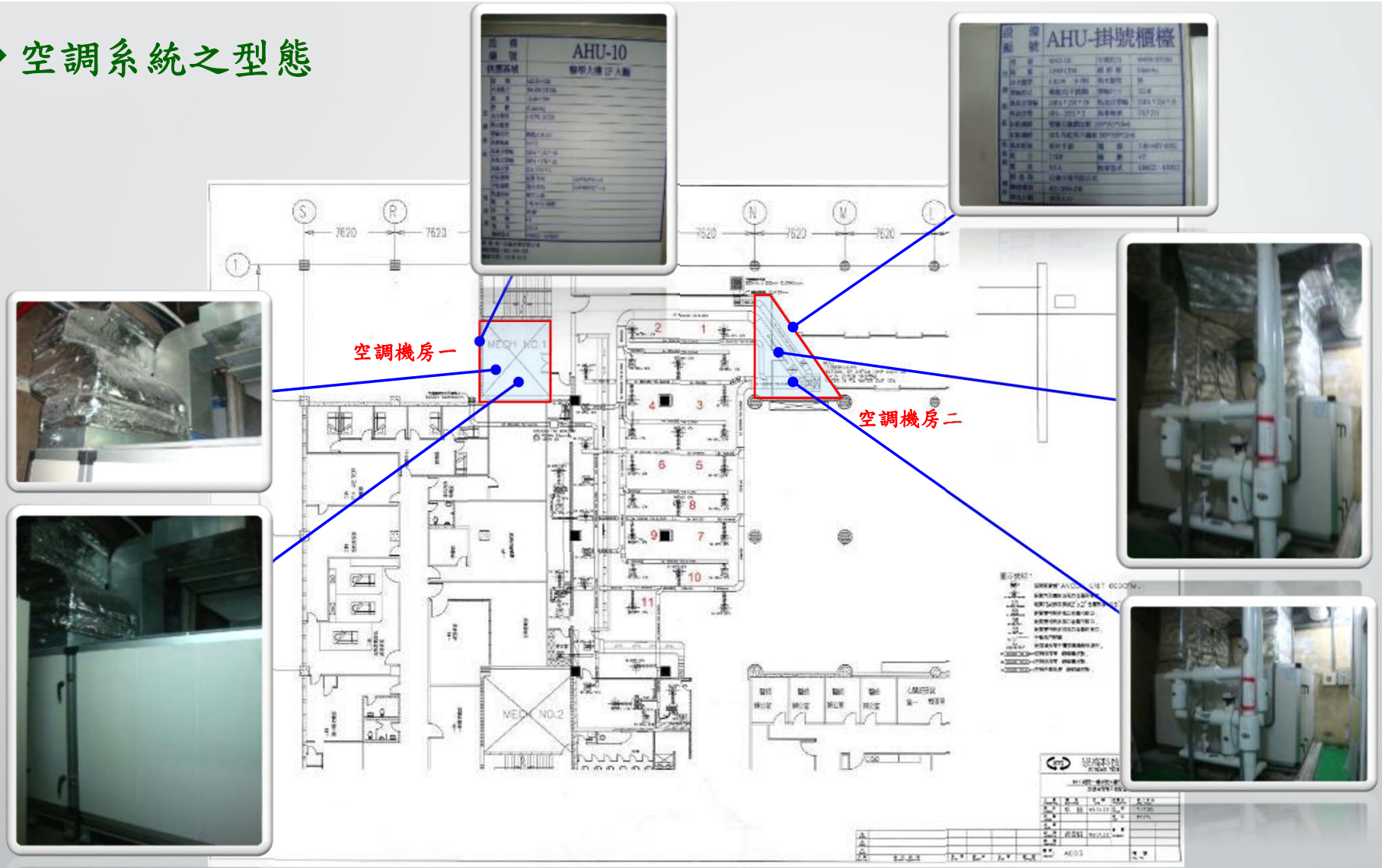


圖3-3.5 改善場址大廳(含：掛號批價處、領藥處、穿堂)空調配置平面圖

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆ 風速條件之確認

- 中央空調系統空調箱及風管內之運作條件，如：風速、溫度、相對濕度、風量以及壓差等物理量，如下表所示，作為計算氣流接受UVC輻射強度之依據。

表3-3.1　中央空調系統空調箱及風管內之運作條件

項　目	UVC殺菌燈安裝前 量測次數				備註
	第一次	第二次	第三次	第四次	儀器測棒名稱
新鮮風管風速 (m/s)	0.22	0.29	0.32	1.03	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
新鮮風管溫度 (˚C)	26.00	24.40	27.52	24.90	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
回風風管風速 (m/s)	3.27	4.10	4.06	3.14	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
回風風管溫度 (˚C)	23.90	23.90	23.90	23.40	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
送風風管風速 (m/s)	5.35	5.15	5.89	5.29	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
送風風管溫度 (˚C)	17.50	18.18	17.40	17.50	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
空調箱盤管前風速 (m/s)	2.16	1.95	2.12	2.05	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
空調箱盤管前溫度 (˚C)	23.92	23.54	23.80	23.40	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
空調箱盤管後風速 (m/s)	1.52	1.76	1.65	1.91	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
空調箱盤管後溫度 (˚C)	17.40	17.84	17.30	17.00	熱線式風速測棒(量測風速、溫度)
空調箱盤管前後壓差 (Pa)	133.20	126.80	124.80	131.40	壓差軟管
空調箱濾網前溫度 (˚C)	24.60	24.54	24.56	23.70	環境IAQ專用測棒(量測溫、溼度)
空調箱濾網前相對溼度 (%)	77.16	77.04	77.06	74.76	環境IAQ專用測棒(量測溫、溼度)
空調箱盤管後溫度 (˚C)	17.68	17.80	17.84	17.60	環境IAQ專用測棒(量測溫、溼度)
空調箱盤管後相對溼度 (%)	94.18	95.52	96.00	94.62	環境IAQ專用測棒(量測溫、溼度)
新鮮風風量 (CFM)	103.02	138.32	151.67	489.36	
回風風量 (CFM)	5254.76	6593.39	6529.03	5045.60	
送風風量 (CFM)	7927.75	7640.17	8731.20	7841.77	
空調箱盤管前風量 (CFM)	9787.35	8819.47	9570.26	9262.71	
空調箱盤管後風量 (CFM)	6883.71	7951.09	7480.72	8647.60	

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆ 濾網等級之考慮

- 根據ASHRAE標準52.2(ASHRAE, 1999)(如下表所示)，**一級濾網選用MERV 8**(最小效率報告值(Minimum efficiency reporting value, MERV))作為過濾較大顆粒之微粒並保護冷卻盤管、風扇葉片以及UVC燈；**二級濾網則選用MERV 13**作為過濾較小的微粒以及微生物(細菌)。

表3-3.2 ASHRAE Standard 52.2的濾網分級

MERV	相近於52.1標準測試結果		應用指引		
	污化法效率	重量法效率	典型空制污染物	應用與限制	典型過濾網/空氣過濾型式
1	<20%	<65%	♦ >10.0μm粒徑 ♦ 花粉、鐵屑、灰塵、沙鹿、噴漆微粒、紡織纖維、地毯織物纖維	居住環境最低過濾需求，窗戶空氣過濾器	♦ 平板式過濾網：一次使用型玻纖/合纖平板式過濾網。 ♦ 可洗式：鋁網、塗佈動物毛乳膠、橡膠發泡材之平板式過濾網。 ♦ 靜電：自我帶電之聚碳酸酯織布之平板式過濾網。
2	<20%	65～70%			
3	<20%	70～75%			
4	<20%	75～80%			
5	<20%	80～85%	♦ **3.0～10.0μm粒徑** ♦ **微菌、孢子、噴霧髮膠、織布防護機具噴灑、水泥塵、混合性軟質物、鼻煙、奶粉**	**商業的大樓、較好居住環境工業工作場所油漆場所進風口**	♦ **摺式過濾網：使用厚度為25～125mm之棉材/聚酯纖維過濾材以紙框封邊固定，可增加過濾材使用面積，為一次使用性。** ♦ **桶式過濾網：使用合纖，依序將濾材膠合與固定成立體結構型態或袋型。** ♦ **平板式過濾網：一次使用型合纖平板式過濾網。**
6	<20%	85～90%			
7	25～30%	>90%			
8	30～35%	>90%			
9	40～45%	>90%	♦ 1.0～3.0μm粒徑 ♦ 退伍軍人症、加濕器灰塵、鉛塵、麵粉、煤塵、汽車排氣微粒、噴霧器氣膠、焊接煙霧	優質居住環境高級商業的大樓、醫院實驗室	♦ 袋式過濾網：微米細度之玻纖或合纖材料，以無支撐方式(濾材部分為可彎曲)之袋式過濾網。可為6～12袋，袋深為300～900mm。 ♦ 盒式過濾網：為硬外殼筒型過濾器，深度為150～300mm，可使用紙質或lofted聚酯材料作為濾材。
10	50～55%	>95%			
11	60～65%	>95%			
12	70～75%	>95%			
13	80～90%	>98%	♦ **0.3～1.0μm粒徑** ♦ **所有細菌、大部分香煙燃燒煙霧、小飛沫(噴嚏)、烹煮油煙、大多數煙霧、殺蟲劑氣膠、影印機調色劑、化妝品粉**	**醫院住院病患保護、一般手術、頂級商業大樓、吸煙室**	♦ **袋式過濾網：微米細度之玻纖或合纖材料，以無支撐方式(濾材部分為可彎曲)之袋式過濾網。可為6～12袋，袋深為300～900mm。** ♦ **盒式過濾網：為硬外殼筒型過濾器，深度為150～300mm，可使用紙質或lofted聚酯材料作為濾材。**
14	90～95%	>98%			
15	>95%	n/a			
16	n/a	n/a			
17	n/a	n/a	♦ <0.3μm粒徑 ♦ 病毒(單獨)、碳塵、海鹽、所有燃燒之煙霧、氣象衍生物	無塵室、放射性物質、醫藥製品生產、致癌物質、外科手術	HEPA/ULPA過濾網： ♦ IEST type F：於0.1～0.2μm粒徑之粉塵效率≧99.999%。 ♦ IEST type D：於0.3μm粒徑之粉塵效率≧99.999%。 ♦ IEST type C：於0.3μm粒徑之粉塵效率≧99.99%。 ♦ IEST type A：於0.3μm粒徑之粉塵效率≧99.97%。
18	n/a	n/a			
19	n/a	n/a			
20	n/a	n/a			

Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆燈具之選用與輻射強度之考量

- 燈管表面之輻射強度$I_I \geqq 40{,}000\mu W/cm^2$；距燈管表面50cm之輻射強度$I_I \geqq 2{,}000\mu W/cm^2$；距燈管表面100cm之輻射強度$I_I \geqq 400\mu W/cm^2$，已可充分滿足中國「WS/T 367-2012 醫療機構消毒技術規範」**≧70μW/cm²**的要求以及美國Air & Water公司「Guidelines for Cooling Coil Disinfection」**≧50μW/cm²**的標準。

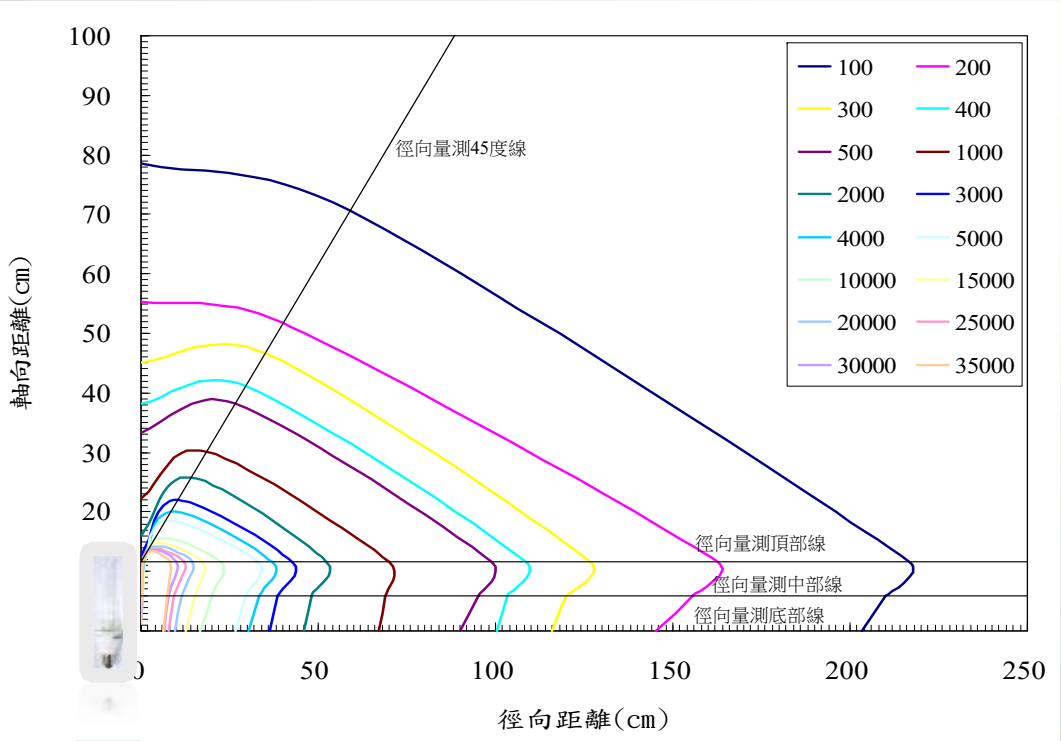


圖3-3.6 場址UVC燈管等輻射強度分佈圖

WS/T 367-2012 醫療機構消毒技術規範

C.6 紫外線消毒
C.6.1適用範圍
適用於室內空氣和物體表面的消毒。
C.6.2紫外線消毒燈要求
C.6.2.1紫外線消毒燈在電壓為220V、環境相對濕度為60%、溫度為20℃時，輻射的253.7nm紫外線強度（使用中的強度）應不低於70μW/cm²。
C.6.2.2應定期監測消毒紫外線的輻照強度，當輻照強度降低到要求值以下時，應及時更換。
C.6.2.3紫外線消毒燈的使用壽命，即由新燈的強度降低到70μW/cm²的時間（功率≥30W），或降低到原來新燈強度的70%（功率<30W）的時間，應不低於1000h。紫外線燈生產單位應提供實際使用壽命。
C.6.3使用方法
C.6.3.1在室內無人狀態下，採用紫外線燈懸吊式或移動式直接照射消毒。燈管吊裝高度距離地面1.8m～2.2m。安裝紫外線燈的數量為平均≥1.5W/m³，照射時間≥30min。
C.6.3.2採用紫外線消毒器對空氣及物體表面進行消毒。其消毒方法及注意事項應遵循生產廠家的使用說明。
C.6.3.3消毒時對環境的要求　紫外線直接照射消毒空氣時，關閉門窗，保持消毒空間內環境清潔、乾燥。消毒空氣的適宜溫度20℃～40℃，相對濕度低於80%。
C.6.4注意事項
C.6.4.1應保持紫外線燈表面清潔，每週用酒精布巾擦拭一次，發現燈管表面有灰塵、油污等時，應隨時擦拭。
C.6.4.2用紫外線燈消毒室內空氣時，房間內應保持清潔乾燥。當溫度低於20℃或高於40℃，相對濕度大於60%時，應適當延長照射時間。
C.6.4.3採用紫外線消毒物體表面時，應使消毒物品表面充分暴露於紫外線。
C.6.4.4採用紫外線消毒紙張、織物等粗糙表面時，應適當延長照射時間，且兩面均應受到照射。
C.6.4.5採用紫外線殺滅被有機物保護的微生物及空氣中懸浮粒子多時，應加大照射劑量。
C.6.4.6不應使紫外線光源直接照射到人。
C.6.4.7不應在易燃、易爆的場所使用。
C.6.4.8紫外線強度計每年至少標定一次。

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

◆ 系統安裝規劃與輻射強度檢討

- 二級濾網+UVGI系統安裝之規劃情形，如下圖所示，包含：

1. 空調箱內部淨尺寸：長×寬×高(2.7m×1.76m×1.42m)
2. 冷卻盤管與濾網斷面積：1.7m×1.42=2.414m^2
3. UVC燈設置數量：10支(4支照射冷卻盤管，6支照射濾網)
4. 上、下排燈分別距箱頂與箱底表面37cm，上、下排燈間距離68cm
5. 單一UVC燈於冷確盤管上平均照射面積：2.414÷4=0.60m^2
6. 單一UVC燈於濾網上平均照射面積：2.414÷6=0.40m^2

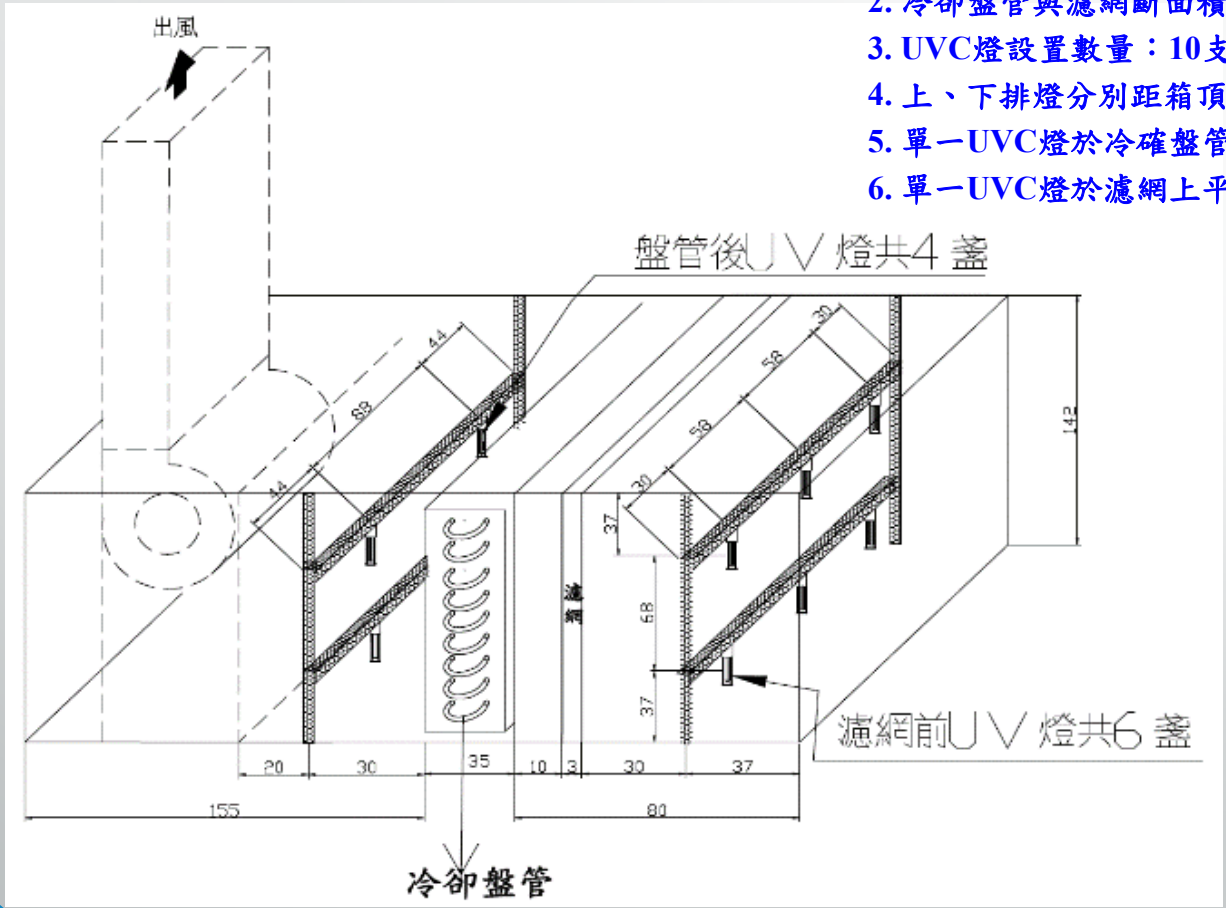


圖3-3.7 場址二級濾網+UVGI系統安裝示意圖

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

- 二級濾網+UVGI系統所能提供之UVC輻射強度，採較保守之估計(忽略紫外光光照重疊區具有疊加效應(Additive effect)的貢獻，如下圖所示)，並針對通過空調箱濾網與冷卻盤管氣流以及箱體內部表面之滅菌劑量，分別計算如下表所示。

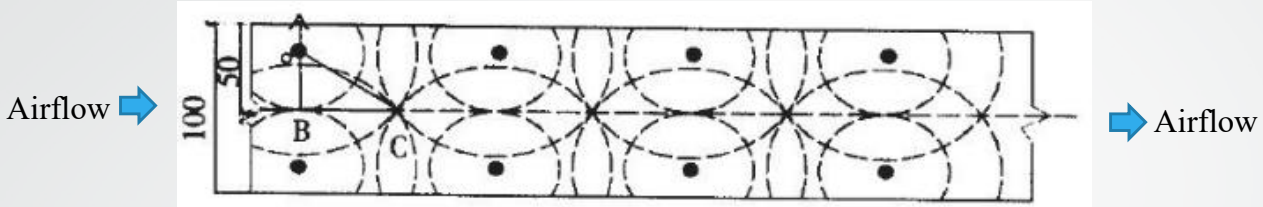


圖3-3.8 UVC燈光照重疊區能量具有疊加效應之示意圖

表3-3.3 通過空調箱濾網與冷卻盤管氣流之滅菌劑量估算

區段	離燈管最近距離之能量 ($\mu W/cm^2$)	離燈管最遠距離之能量 ($\mu W/cm^2$)	最遠照射距離 (m)	照射範圍(m)	照射範圍平均能量 ($\mu W/cm^2$)	風速 (m/s)	照射時間(s)	區段接收劑量 ($\mu Ws/cm^2$)
濾網照射區	40,000	4,528.99	0.37	0.67	22,264.50	2.16	0.31	6,901.995
冷卻盤管與風機照射區	40,000	311.00	1.25	1.55	20,155.50	1.91	0.81	16,325.955

註：1.「照射範圍平均能量($\mu W/cm^2$)」為「離燈管最近距離之能量($\mu W/cm^2$)」與「離燈管最遠距離之能量($\mu W/cm^2$)」兩者和之平均值。因UVC符合點光源理論，在離燈管表面約50cm左右的範圍內，其輻射強度與離燈管表面的距離成反比，並可近似於線性關係。

2.「區段接收劑量($\mu Ws/cm^2$)」為「照射範圍平均能量($\mu W/cm^2$)」與「照射時間(s)」之乘積。

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

表3-3.4 空調箱體內部表面之滅菌劑量估算

區段	離燈管最近距離之能量($\mu W/cm^2$)	離燈管最遠距離之能量($\mu W/cm^2$)	最遠照射距離(m)	照射範圍(m)	照射範圍平均能量($\mu W/cm^2$)	照射時間(s)	區段接收劑量($\mu Ws/cm^2$)
濾網照射區	40,000	4,528.99	0.37	0.67	22,264.50	3,600	80,152,200
冷卻盤管與風機照射區	40,000	311.00	1.25	1.55	20,155.50	3,600	72,559,800

註：1.「照射範圍平均能量($\mu W/cm^2$)」為「離燈管最近距離之能量($\mu W/cm^2$)」與「離燈管最遠距離之能量($\mu W/cm^2$)」兩者和之平均值。因UVC符合點光源理論，在離燈管表面約50cm左右的範圍內，其輻射強度與離燈管表面的距離成反比，並可近似於線性關係。

2.「照射時間(s)」保守假設UVGI一天僅運作1小時。

3.「區段接收劑量($\mu Ws/cm^2$)」為「照射範圍平均能量($\mu W/cm^2$)」與「照射時間(s)」之乘積。

- 綜合上述兩表之輻射劑量分析，無論通過空調箱氣流中的微生物或停留於空調箱內部表面的微生物，比對有關消滅有機微生物所需劑量($\mu W \times sec/cm^2$)的要求(Kowalski et al., 2004)，本場址之改善方案已可殺滅大多數之微生物，預期對於提高並改善場址的室內空氣品質，應可發揮良好之成效。
- 下圖所示即為本場址於中央空調系統空調箱內設置二級濾網+UVGI系統的情形。

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

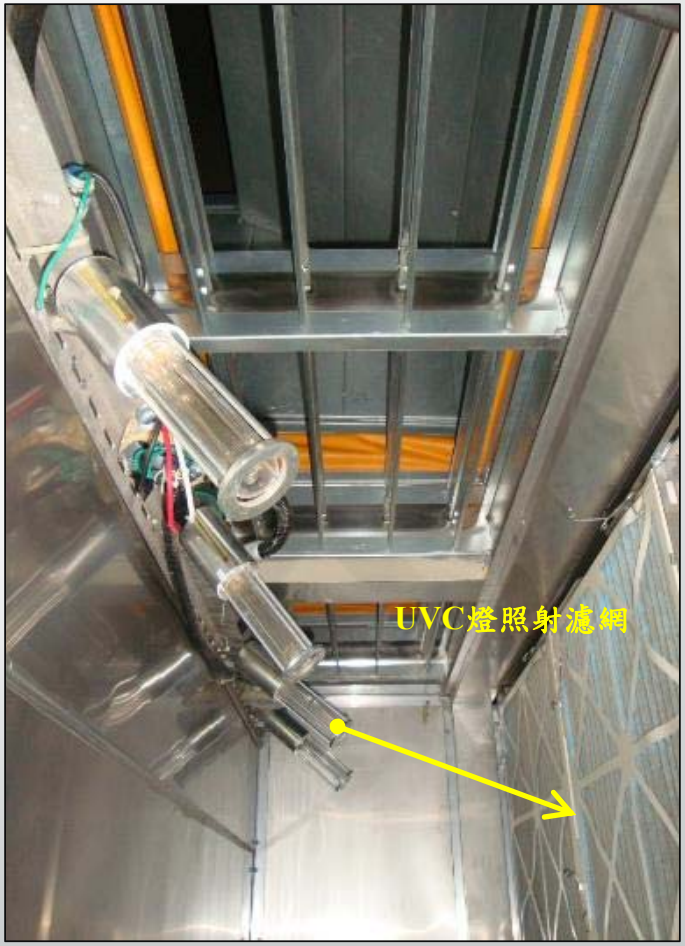


圖3-3.8　醫院天花板間接照射及空調箱內部直接照射案例

圖3-3.9　醫院進行空氣品質之檢測情形

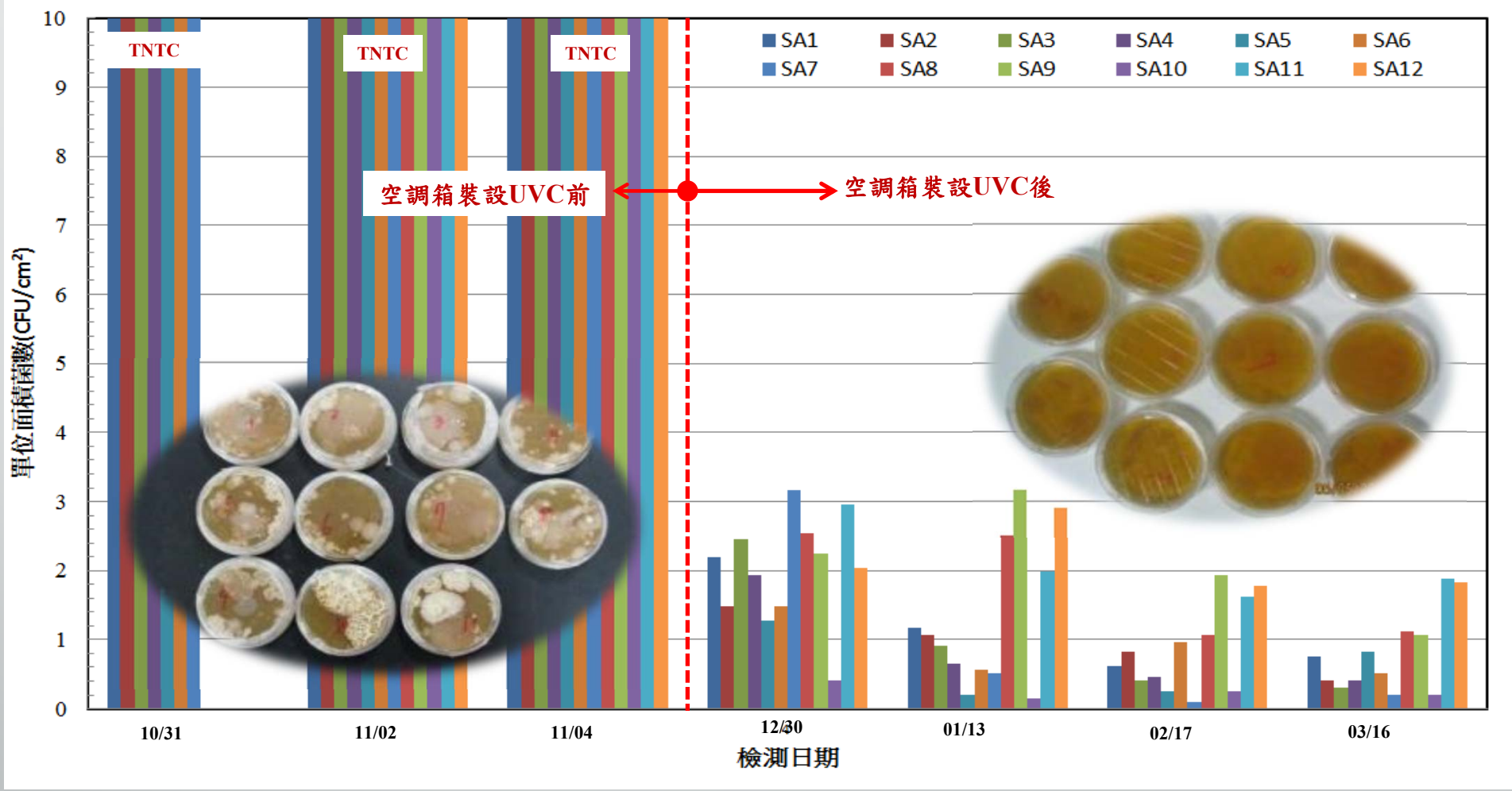


圖3-3.10　醫院應用UVGI淨化系統前後空調出風口內部表面單位面積細菌數檢測結果

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

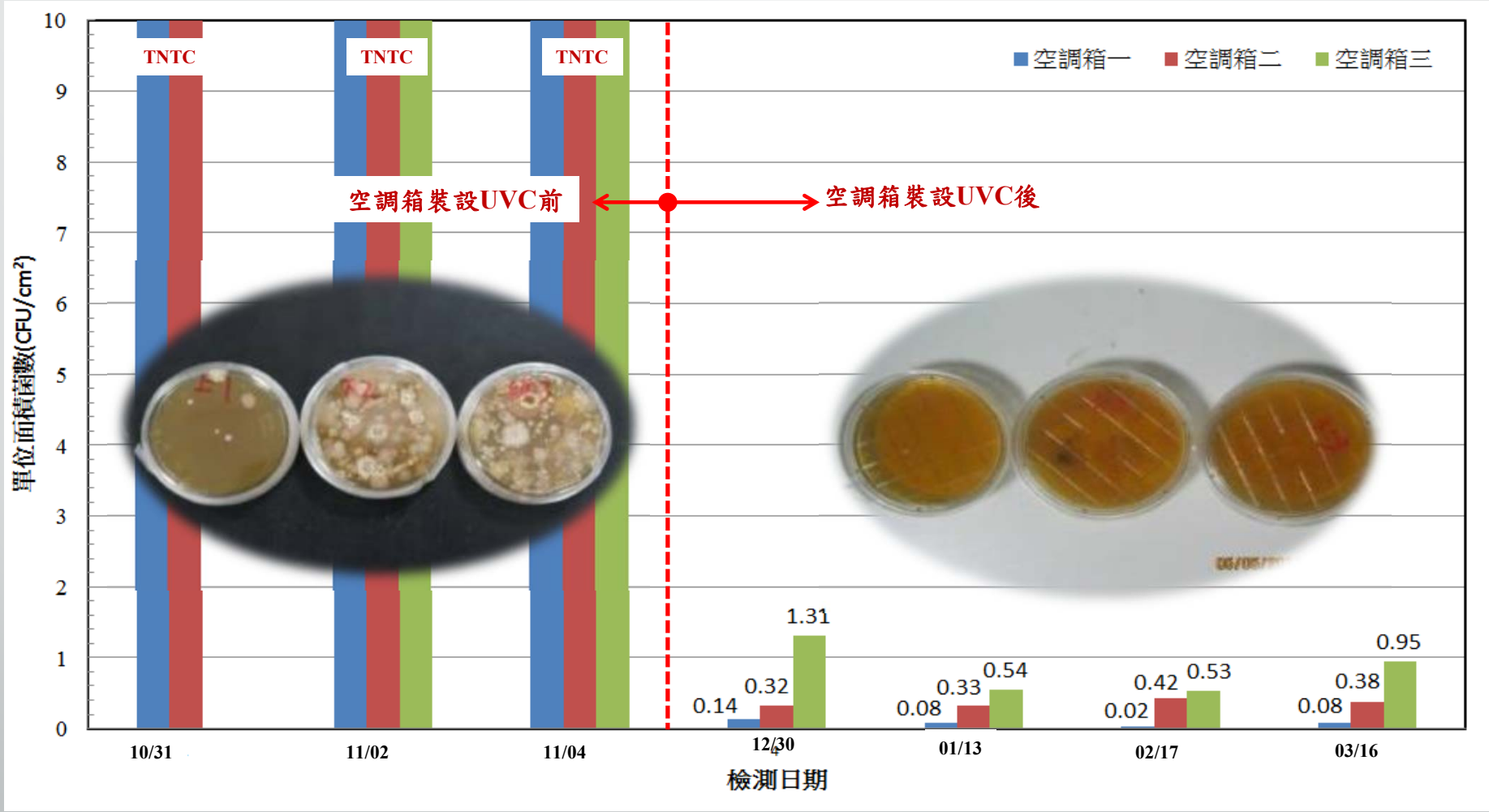


圖3-3.11　醫院應用UVGI淨化系統前後空調箱內部表面單位面積細菌數檢測結果

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

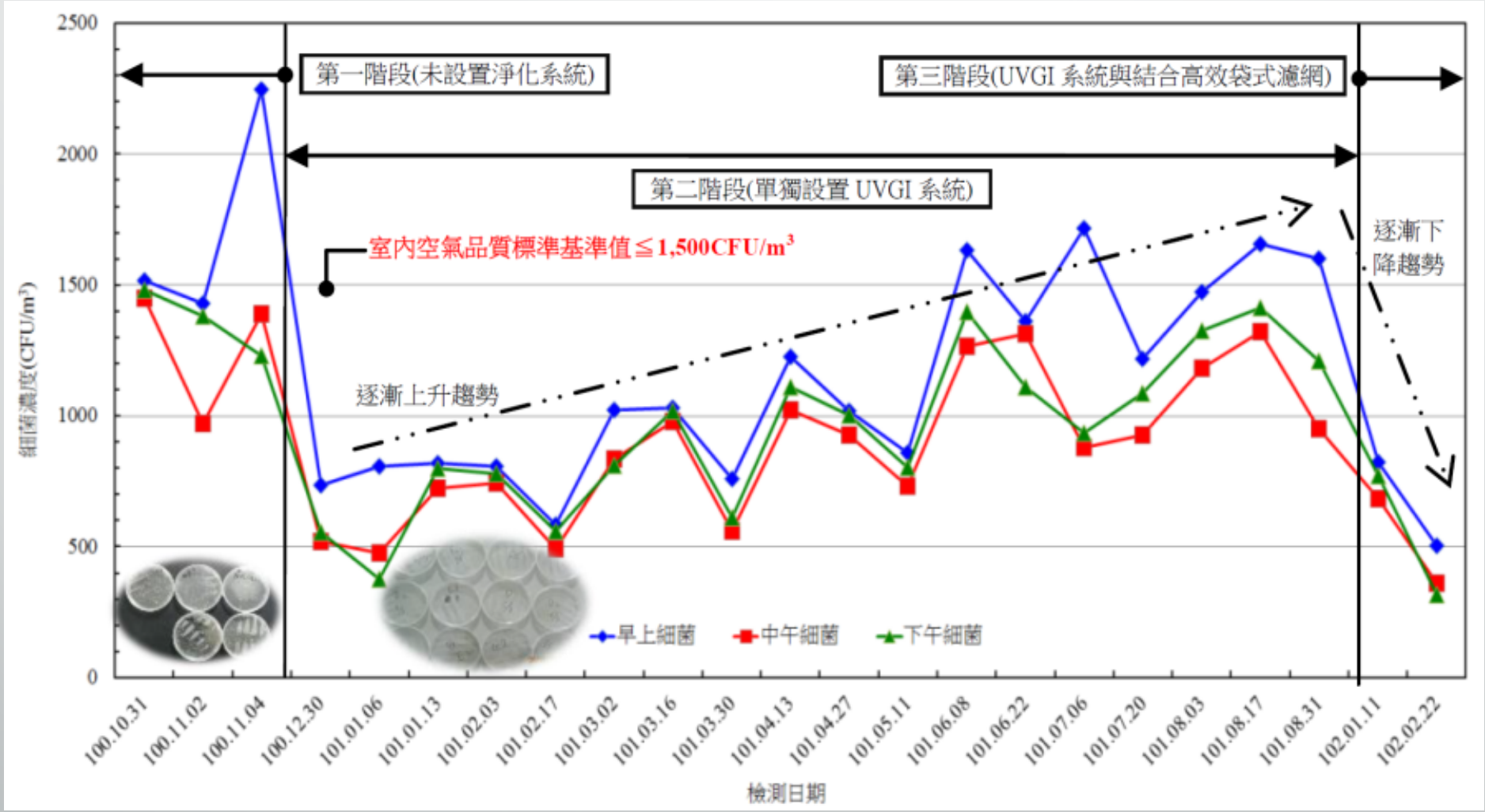


圖3-3.12　場址大廳中總細菌數(細菌濃度)之檢測結果

台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

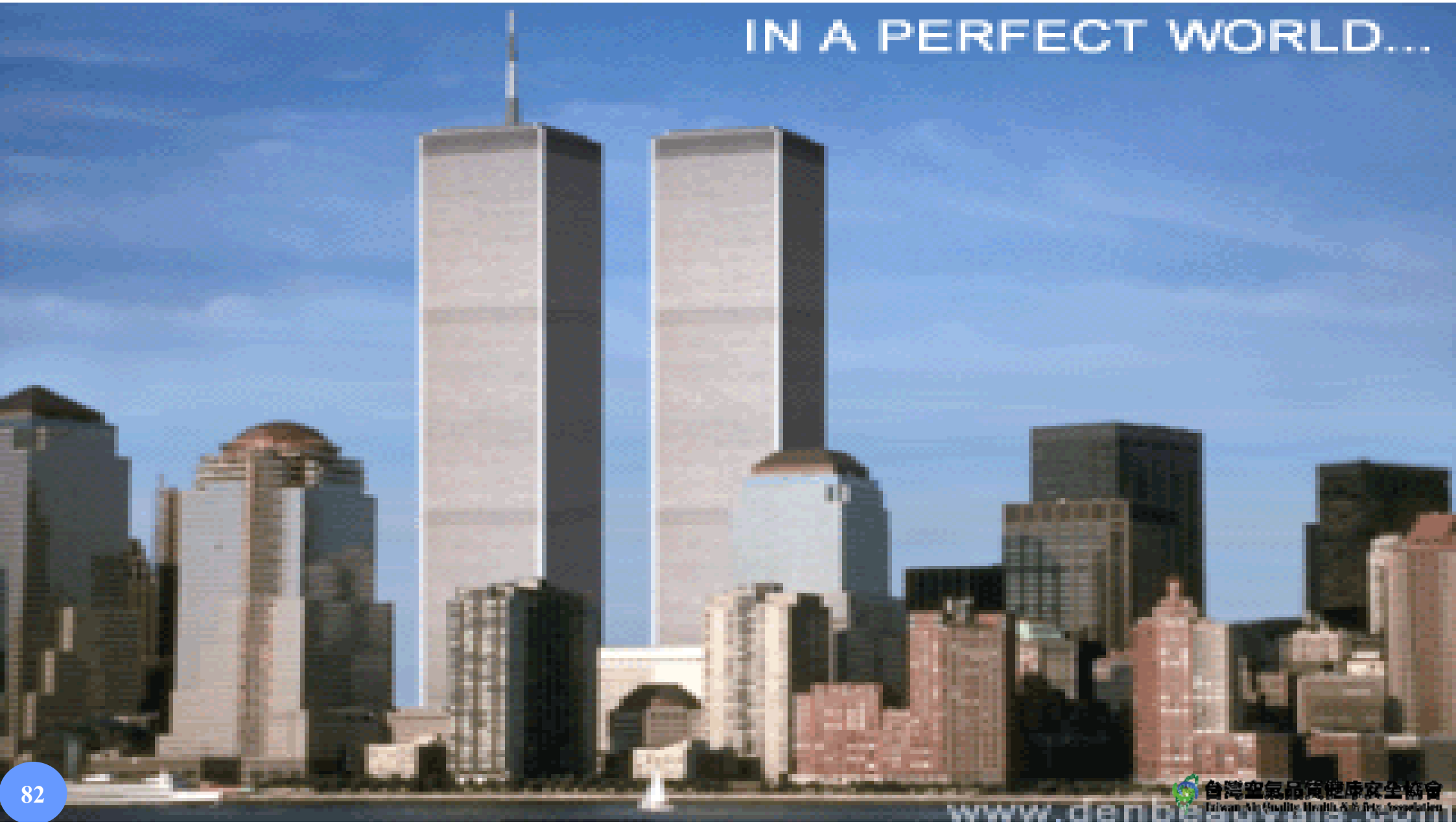
肆、結論與建議

還給大自然原來應有的面貌，等於為人類自己留下了永

室內空氣品質革命尚未成功，凡是有識之士仍應全力以赴

運用理氣十二大心法的精隨，等於為醫院防疫投了道保險

2010（WHO）歐洲辦公室發表宣言
『全人類都應該擁有呼吸乾淨室內空氣的權利』
讓台灣成為全世界「呼吸權」的領航者
讓醫療院所成為台灣「呼吸權」的標竿場所
Air Quality Guidelines
Global Update 2005
WHO GUIDELINES FOR INDOOR AIR QUALITY
DAMPNESS AND MOULD
World Health Organization
Normal airway
Inflamed airway
Mucus
呼吸權
台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association


IN A PERFECT WORLD...
台灣空氣品質健康安全協會